



**Universidade do Minho**  
Escola de Engenharia

Eduardo Roberto Martins Ribeiro

Aplicação de modelos de decisão na gestão  
dos custos com matéria-prima

Dissertação de Mestrado

Mestrado Integrado em Engenharia e Gestão Industrial

Trabalho efetuado sob a orientação de

Professor Doutor Paulo Sérgio Lima Pereira Afonso

Professora Doutora Anabela Pereira Tereso

Outubro de 2013

## DECLARAÇÃO

Nome: Eduardo Roberto Martins Ribeiro

Endereço eletrónico: [eduardoegi84@gmail.com](mailto:eduardoegi84@gmail.com) Telefone:910075538

Número do Bilhete de Identidade: 12545182

Título da dissertação:

Aplicação de modelos de decisão na gestão dos custos com matéria-prima

Orientadores:

Professor Doutor Paulo Sérgio Lima Pereira Afonso

Professora Doutora Anabela Pereira Tereso

Ano de conclusão: 2013

Designação do Mestrado:

Mestrado Integrado em Engenharia e Gestão Industrial

É AUTORIZADA A REPRODUÇÃO INTEGRAL DESTA DISSERTAÇÃO APENAS PARA EFEITOS DE INVESTIGAÇÃO, MEDIANTE DECLARAÇÃO ESCRITA DO INTERESSADO, QUE A TAL SE COMPROMETE.

Universidade do Minho, \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

Assinatura:

“Nunca sabemos que resultados virão das nossas ações, mas se não fizermos nada não  
existirão resultados” *Mahattma Ghandi*



# Agradecimentos

Durante a vida traçamos objetivos e metas que tentamos alcançar. Existem ao longo destes anos inúmeras pessoas que marcaram a minha formação académica e pessoal, direta ou indiretamente todas elas foram recordadas ao longo deste processo.

Quero agradecer a amizade, cuidado e disponibilidade sempre demonstrada pelos meus orientadores, Professor Doutor Paulo Afonso e a Professora Doutora Anabela Tereso.

Obrigado por esclarecerem as minhas constantes dúvidas e preocupações.

Por outro lado, devo ainda agradecer ao Eng.º Luís Miguel Malheiro, pela disponibilidade demonstrada em cada dúvida, pela oportunidade concedida de tentar aplicar os meus conhecimentos e a possibilidade de também aprender com ele. De igual modo, devo agradecer e exaltar o convívio e a disponibilidade demonstrada pelo Dr. João Medeiros.

E aos meus pais, por tudo, o meu muito obrigado.



# Resumo

A gestão dos custos com matéria-prima é de extrema importância quando esta representa uma parte considerável do custo industrial, quando o preço da matéria-prima é muito volátil e quando a sua aquisição tem implicações de natureza operacional e estratégica. Porém, a maior parte das empresas não suporta o processo de compra de matéria-prima em modelos e procedimentos devidamente estruturados. Deste modo, a decisão acerca do fornecedor, do momento de aquisição, da quantidade e do preço aceitável da matéria-prima carece de modelos de decisão apropriados que permitam uma melhor gestão dos custos com matéria-prima.

Neste projeto de investigação conceberam-se e aplicaram-se um conjunto de processos para identificar as melhores condições para aquisição das matérias-primas para a empresa estudada, a Manufacturas Mecânicas Flexus S.A., segundo diversos critérios como o preço, o prazo de entrega, a linha de crédito e o tempo para entrega das matérias-primas. Para o efeito, o método de investigação utilizado foi o *action-research*, o qual se caracteriza por uma cooperação entre o investigador e os intervenientes no processo numa procura de soluções para o problema formulado inicialmente.

Deste modo construiu-se, testou-se e validou-se um modelo de auxílio à decisão sobre a aquisição de matérias-primas, com base numa abordagem que conjuga árvores de decisão e modelos multicritério, atendendo à volatilidade do mercado e aos preços dos diversos fornecedores.

O modelo desenvolvido utiliza o *Precision Tree* para construir a árvore de decisão. A componente multicritério é tratada usando o método aditivo simples. Este método permite considerar os vários critérios de seleção de um fornecedor e com a utilização da árvore de decisão elaborada e do *Precision Tree* torna-se possível determinar o fornecedor que melhor valor global esperado apresenta.

O modelo desenvolvido na Flexus S.A. obteve grande aceitação por parte da administração e é utilizado para tomar as decisões de aquisição de M.P. pela sua flexibilidade e por ser de fácil compreensão. Além deste facto, a aplicação do modelo permitiu à Flexus S.A. iniciar relações comerciais com fornecedores que anteriormente não considerava. Esta mudança permitiu-lhe aumentar a capacidade de resposta às necessidades dos seus clientes.





# ABSTRACT

The management of raw materials costs is of most importance, especially when it represents a considerable part of the industrial cost, when the price of raw materials is very volatile and the acquisition of raw materials has operational and strategic implications. However, most companies do not support the purchasing process of raw materials in models and procedures properly structured. Thus, supplier selection, the timing of the acquisition, and the quantity and allowable price of raw materials ask for appropriate decision models which support a better cost management of raw materials.

In this research project, a set of processes were designed and applied in order to identify the best conditions for the acquisition of raw materials for the company that has studied, Manufacturas Mecânicas Flexus SA, taken into consideration several criteria such as the price, delivery time, credit line and how much time is needed for the delivery of raw materials.

To this end, the research method applied was the action-research method, which is characterized by cooperation between the researcher and the actors involved in searching for solutions to the problem formulated initially.

Thus, it was designed, validated and tested a model to support decision making on the purchase of raw materials, based on an approach that combines decision trees and multicriteria models, given market volatility and the prices of many suppliers.

The proposed model uses the software *Precision Tree* to build the decision tree. The multicriteria component is supported on the simple additive method. This method allows to consider various criteria for selecting a supplier and the use of the decision tree developed turned possible to determine the supplier who offers the best overall expected value.

The model developed in Flexus S.A. gained wide acceptance by the managers and it is used to make procurement decisions of raw materials for its agility and easy understanding. Furthermore, the application of the model allowed Flexus S.A. to initiate trade relations with suppliers who had not been previously considered. This change allowed the company to increase responsiveness to customer needs.



# Índice

Agradecimentos .....	v
Resumo .....	vii
Abstract .....	ix
Índice.....	xi
Lista de Figuras.....	xiii
Lista de Tabelas .....	xv
Lista de Siglas e Acrónimos .....	xvii
1. Introdução .....	1
1.1 Enquadramento .....	1
1.2 Motivação .....	3
1.3 Problema de investigação e objetivos .....	4
1.4 Metodologia de investigação .....	5
1.5 Organização da dissertação .....	7
2. Revisão da literatura .....	9
2.1 Gestão dos custos com M.P. ....	10
2.2 Gestão dos custos com fornecedores .....	18
2.3 Modelos de decisão.....	25
2.3.1 Modelos de decisão estocásticos.....	26
2.3.2 Modelos de Decisão Multicritério .....	30
2.4 Casos de aplicação .....	46
3. Descrição da empresa e do problema.....	61
3.1 Apresentação da empresa.....	62
3.2 O problema.....	64
3.2.1 Aquisição de elevadas quantidades.....	65
3.2.2 Aquisição em oportunidade de negócio/urgências .....	69

4.	O modelo de decisão .....	73
4.1	Pressupostos e desenvolvimento do modelo.....	76
4.2	Extrapolações iniciais e Incerteza 1 (I1).....	81
4.3	Cálculos auxiliares necessários.....	86
4.4	Árvore de decisão no Precision tree.....	91
4.5	Cálculos efetuados utilizando o Método Aditivo Simples.....	98
4.6	Resultados obtidos .....	100
4.7	Análise e discussão dos resultados .....	109
5.	Conclusões .....	113
	Bibliografia .....	115
	Anexos .....	121
Anexo 1	Cálculos do artigo de João e Pereira (2006) .....	123
Anexo 2	Pressupostos para a utilização do modelo.....	127
Anexo 3	Guia prático para a utilização do modelo em Excel .....	129
Anexo 4	Tabela exemplificativa do modelo de decisão .....	131

# Lista de Figuras

Figura 1 - Flutuações de preços do metal -----	14
Figura 2 - Pirâmide de escolha de fornecedores -----	23
Figura 3 - Exemplo de árvore de decisão -----	28
Figura 4 - Exemplo de árvore de decisão com decisões em cadeia -----	29
Figura 5 - Diferentes escolas Multicritério-----	31
Figura 6 - Análise dos consumidores da B2C -----	34
Figura 7 - Seleção de um emprego -----	36
Figura 8 - Escolha mais acertada sobre os dois empregos -----	40
Figura 9 - Uma decisão entre 5 sistemas diferentes considerando 4 critérios-----	43
Figura 10- Relação entre Quantidade Económica e diferentes Custos na Gestão de Stocks -----	46
Figura 11 - Curva ABC dos produtos vendidos -----	47
Figura 12 - Modelo de decisão sobre operação às ancas -----	49
Figura 13 - Estrutura hierárquica relativa ao problema da transportadora -----	51
Figura 14 - Matriz TCO para a Usinor -----	53
Figura 15 - Possível redução de custos através da utilização do TCO -----	56
Figura 16 – Tubos com soldadura -----	63
Figura 17 - Exemplo de bobines e bandas-----	63
Figura 18 - Estrutura da decisão -----	75
Figura 19- Nó de decisão D1 - Analisar o mercado -----	92
Figura 20 - Nó de decisão D2 Centro de serviço-----	92
Figura 21 - Nó de decisão D3 - Fornecedor-----	93
Figura 22 - Nó de decisão D4 - Grande Fornecedor-----	94
Figura 23 - Nó de acaso I1 - Posição de mercado-----	95
Figura 24 - Nó de acaso I2 - Urgente -----	95
Figura 25 - Árvore de decisão do modelo no Precision Tree-----	97
Figura 26 - Dupla utilização dos centros de serviço -----	100
Figura 27 - Decisão sobre estado de mercado -----	101
Figura 28 – Exemplo de mercado em alta-----	102
Figura 29- Árvore de decisão ótima e VME em função de mercado em alta -----	103
Figura 30 – Exemplo de mercado estagnado -----	104

Figura 31 - Seleção da alternativa F12 no mercado estagnado com uma não urgência -	104
Figura 32 - Exemplo de mercado em queda-----	105
Figura 33- Árvore de decisão ótima e VME com Mercado em queda-----	106
Figura 34- Árvore de decisão ótima num mercado de total incerteza -----	107
Figura 35 - Modelo em fase de teste-----	107
Figura 36 - Árvore de decisão ótima do modelo testado com uma urgência -----	108

# Lista de Tabelas

Tabela 1 - Escala de classificação de L. Saaty -----	33
Tabela 2 - Itens avaliados na B2C-----	35
Tabela 3 - Critérios de seleção de emprego-----	36
Tabela 4 - Matrizes dos critérios de preferência -----	37
Tabela 5 - Normalização de matrizes para o primeiro critério -----	37
Tabela 6 - Cálculos para a utilização do AHP, apenas sobre o primeiro critério -----	39
Tabela 7- Criação de um novo modelo automóvel-----	44
Tabela 8 - Critérios de escolha e ponderação-----	44
Tabela 9 - Valor dos critérios convertidos na escala 0 – 10. -----	45
Tabela 10 - Método aditivo simples escolha do automóvel -----	45
Tabela 11 - Nós de decisão e ações resultantes-----	74
Tabela 12 - Indecisões e resultados -----	75
Tabela 13 - Características de análise de quatro fornecedores -----	81
Tabela 14 - Stock ideal de M.P. em toneladas-----	82
Tabela 15 - Formas de pagamento da M.P. -----	83
Tabela 16 - Valor de crédito final -----	85
Tabela 17 - Tabela exemplificativa utilizada no modelo de decisão sobre os valores de venda dos diferentes tipos de chapa-----	87
Tabela 18 - Urgência de M.P.-----	95
Tabela 19- Exemplo da tabela de valor global de decisão -----	99
Tabela 20 - Mercado em Alta -----	102
Tabela 21- Incerteza total do agente de decisão-----	106
Tabela 22- VME num mercado de total incerteza -----	106
Tabela 23- VME do modelo testado com uma urgência -----	108
Tabela 24- Informações do mercado -----	127
Tabela 25 - Definição da situação do mercado -----	129





# Lista de Siglas e Acrónimos

AHP – *Analytic Hierarchy Process*

TCO – *Total Cost of Ownership*

M. P. – Matéria-prima



# 1. INTRODUÇÃO

O presente capítulo encontra-se dividido em cinco secções, nas quais é apresentado o problema de investigação (secção 1.3) após o devido enquadramento (secções 1.1 e 1.2). A metodologia de investigação adotada é explicada na secção 1.4. O capítulo conclui-se com a descrição da estrutura desta dissertação.

## 1.1 Enquadramento

A gestão dos custos com matéria-prima (doravante denominada de M.P.) é uma atividade de extrema importância na indústria transformadora. Nomeadamente quando os custos com M.P. representam uma parte considerável do custo industrial dos produtos, quando o preço da M.P. é muito volátil e quando as decisões em termos de momento de aquisição, quantidade e preço da M.P. têm implicações operacionais e estratégicas. A disponibilidade e o custo das M.P. podem: determinar o plano de produção; justificar subcontratar determinadas operações; influenciar a estratégia comercial em termos de mercados, clientes e produtos; ter um impacto considerável nos resultados da empresa, entre outros aspetos.

Em indústrias transformadoras de peles (e.g. indústria do calçado) ou nas indústrias dedicadas à utilização/transformação de madeira, o processo de aquisição da M.P., por vezes rara, é determinante para o funcionamento da empresa.

Tradicionalmente, as empresas têm suportado o processo de compra de M.P. com base num conhecimento tácito e em função da “sensibilidade” dos decisores. No entanto, com a enorme e crescente complexidade de determinadas situações, torna-se importante desenvolver modelos de decisão que abordem os aspetos relevantes da gestão de custos e que auxiliem a tomada de decisão.

A aquisição de M.P. e a seleção de fornecedores tem-se revelado uma problemática importante em diversas empresas (Alencar *et al.*, 2007). Porter (1980) analisou o impacto da função compras na estratégia empresarial e na definição dos objetivos estratégicos. Por outro lado a política de seleção de fornecedores e a opção entre múltiplos fornecedores ou um único fornecedor têm sido alvo de estudo. Treleven (1987) demonstrou que a política mais correta baseia-se na partilha de informações e

numa relação mais estreita com um número limitado de fornecedores. Dubois (2003) analisou a relevância na função *procurement* de duas abordagens distintas da relação cliente - fornecedor: 1) elevado envolvimento fornecedor - comprador versus 2) elevado número de fornecedores. Segundo este autor, a empresa deve optar entre ter um maior envolvimento com os fornecedores ou, em alternativa, ter um número razoável de fornecedores, garantindo que estes competem entre si. Cada uma destas estratégias tem vantagens e desvantagens e algumas empresas podem preferir ou serem mais capazes na prossecução de uma ou de outra. Por outro lado, com o processo de globalização tornou-se mais fácil aceder a mais fornecedores de M.P. e com isso ter mais possibilidades de escolha. As forças competitivas globais obrigam as organizações a encontrarem os melhores fornecedores, numa perspetiva globalizada (Vichi, 2006). No processo de aquisição de M.P. existe a possibilidade de serem consultados, sobre prazos de entrega, e principalmente sobre o preço das M.P. diferentes fornecedores. Fornecedores esses que podem estar localizados a poucos quilómetros de distância como do outro lado do planeta. Por vezes, o tempo que medeia entre a compra e a receção da M. P., incluindo o tempo de transporte, pode ser tão demorado que o mercado vai alterando os preços praticados na M.P. Estas alterações nos preços de M.P. podem conduzir a um aumento de preço, e aí a aquisição revela-se ainda mais acertada pois a M.P. que entrará na empresa irá ser paga a um valor mais baixo do que aquele que é praticado no mercado, no momento de entrada na empresa; ou, quando ocorre alteração do preço da M.P. para um decréscimo revela-se uma aquisição prejudicial pois a empresa adquiriu M.P. mais cara do que aquela que se encontra à venda no momento de entrada da M.P. na empresa e que foi adquirida anteriormente.

Deste modo, as decisões relacionadas com a aquisição de M.P. podem conduzir a (significativos) ganhos económicos para a empresa ou a (importantes) prejuízos, devido a necessidades não supridas de M.P. ou devido à sua aquisição a preços mais elevados.

São diversos os autores que estudaram as condições de aquisição da M.P. (preços, prazo de entrega, quantidade encomendada, formas de pagamento, entre outros); assim como as diversas variáveis a que estas decisões estão sujeitas e os custos associados à própria aquisição das mesmas, como por exemplo a escolha/seleção de fornecedores. É o caso do *Total Cost of Ownership* (doravante denominado de TCO) apresentado na literatura essencialmente por L. M. Ellram (e.g. Ellram, 1995).

## 1.2 Motivação

Na atual conjuntura mundial revela-se ainda mais importante investir criteriosamente os escassos recursos financeiros à disposição das empresas de modo a obter um elevado rendimento do investimento e do esforço financeiro, preferencialmente com um retorno no curto ou médio prazo.

Atualmente, as empresas lidam diariamente com prazos de produção cada vez mais apertados e com políticas de fornecimento tendencialmente sincronizadas que permitam respeitar os prazos de entrega acordados sem acumulação excessiva de stocks. A literatura tem demonstrado que os stocks revelam-se como um dos maiores desperdícios das empresas (Liker, 2004).

Com a necessidade de uma gestão cada vez mais prudente e eficiente torna-se fundamental determinar quais os materiais e produtos (finais; intermédios e M.P.), que devem estar em stock e quais as suas quantidades de modo a satisfazer o mais rapidamente possível os seus clientes.

Quando os preços são voláteis, com prazos de entrega longos, ou quando representam avultados investimentos financeiros, uma criteriosa escolha sobre a quantidade a manter em stock revela-se de uma importância fundamental. O custo de stock tem de ser extremamente bem avaliado pois pode resultar num encargo financeiro significativo. Todos estes fatores influenciam a decisão acerca de quanto, como e quando se deve adquirir a M.P. de modo a constituir uma possibilidade de investimento.

Embora o custo de manutenção de stocks na generalidade das empresas seja considerado, por diversos autores, como um prejuízo, quando ocorrem falhas de M.P., que impossibilitam o normal funcionamento da produção ou na não satisfação dos pedidos dos clientes, este será um prejuízo ainda mais avultado. Portanto, a literatura tem apresentado diversos argumentos para a constituição de stocks mínimos (stocks de segurança) e entregas atempadas/programadas (e.g. *Just In Time*) mas há casos e indústrias onde o stock de M.P. revela-se estratégico e confere vantagem competitiva. No modelo das 5 forças de Porter, o grau de competição que pende sobre a empresa depende, entre outros aspetos, da capacidade negocial que esta tem sobre os seus fornecedores e do nível de eficiência dos processos de fornecimento estabelecidos. Este projeto de investigação centra-se nestes casos, nos quais a compra e a gestão dos custos

com M.P. assume uma dimensão estratégica crucial e caracteriza-se por se assumir como um problema de decisão crítico para o funcionamento da empresa e para a manutenção dos seus níveis de rentabilidade. Estas situações não têm merecido a mesma atenção na literatura, acerca da moderna gestão industrial e de produção, mas são casos particulares que merecem um estudo aprofundado. Estas questões são relevantes porque tratam-se de situações geralmente associadas a montantes financeiros muito elevados, como é o caso da aquisição de *commodities*<sup>1</sup> no mercado global.

### 1.3 Problema de investigação e objetivos

A gestão dos custos com M.P. levanta diversas questões, como por exemplo, a quantidade a adquirir em função das necessidades da empresa ou do stock existente, o momento de aquisição (o qual deverá ser avaliado em função da capacidade financeira da empresa e dos financiadores), a seleção de fornecedores em função do preço praticado e/ou do tempo de entrega sem descurar a qualidade dos produtos, a política de compra e de venda de produtos intermédios quando no processo de produção da empresa são produzidos produtos semifinais que podem posteriormente ser vendidos a outras empresas ou utilizados por ela mesma, entre outros fatores (Prado *et al.*, 2009; Schramm e Morais, 2006). Deste modo, a gestão dos custos com M.P. pode ser avaliada segundo diferentes perspetivas, nomeadamente:

- Otimização da produção;
- Gestão dos stocks nos casos em que há tempos de entrega longos;
- Alinhamento com a estratégia comercial;
- Implicações financeiras.

Portanto, a gestão dos custos com M.P. inclui decidir acerca das quantidades a adquirir, preços de aquisição, custos e tempos de transporte, sincronização com a produção e com o mercado, ajustamento às condições e restrições financeiras, entre outros aspetos. Ou seja, uma análise aprofundada conduziria a uma diversidade de aspetos a serem analisados, em que cada um deles assumiria maior ou menor preponderância sobre a futura aquisição. São diversos os autores que realizaram investigações sobre problemas

---

<sup>1</sup>*Commodity ou commodities* é uma denominação utilizada mundialmente quando se refere a produtos base num estado bruto ou com um pequeno grau de industrialização, e.g. café, ouro, água, entre outros.

envolvendo diversas variáveis sobre as quais resultaram em diferentes decisões, e sobre os custos associados a cada uma delas, sendo que com maior incidência sobre o momento de aquisição de M.P., como por exemplo, a escolha de fornecedores através da utilização do *Total Cost of Ownership* (Ellram, 1995). Não obstante a possibilidade de utilização do TCO a diversidade de variáveis a serem analisadas indicam claramente um problema multicritério dependente de diversos fatores e sobre o qual poderão ser utilizados vários modelos de decisão (Tereso, 2009).

A empresa estudada (a Manufacturas Mecânicas Flexus S.A.) é um exemplo típico de uma empresa com uma política de aprovisionamento com reduzida rotação de stocks. Nestes casos, a necessidade de ter permanentemente M.P. disponível resulta da enorme flutuação dos preços e dos longos prazos de entrega. Estas condicionantes conduzem a uma política de aquisição de M.P. de longo prazo baseada em grandes quantidades. Neste contexto, a empresa deparou-se com uma necessidade imperiosa de gerir adequadamente os custos com M.P. os quais dependem de diversas variáveis: Custo unitário da M.P., Custo de aquisição aos diferentes fornecedores, Quantidade de M.P. necessária para a produção de produtos finais e intermédios, a aquisição da M.P. em bobines ou em tiras, entre outros aspetos.

Neste projeto de investigação estudou-se e desenvolveu-se um modelo de suporte à decisão, aplicável no contexto de uma empresa onde a gestão dos custos com M.P. e o processo de decisão acerca da sua aquisição são fatores críticos ao sucesso do negócio. Para o efeito, foi necessário avaliar as reais necessidades da empresa em termos de M.P. e de consumos médios de cada tipo de produto (chapa), conhecer os níveis médios de necessidades para satisfazer as encomendas de produtos, os diferentes prazos de entrega, entre outros aspetos.

## **1.4 Metodologia de investigação**

O *action-research* (investigação-ação) terá surgido através de Lewin em 1946 caracterizando-se por ser um método de “aprender fazendo” sendo utilizado em ambientes reais, e com a colaboração dos intervenientes nos processos estudados. Este método baseia-se em quatro pilares:

1. Pesquisar/investigar em paralelo com o desenvolvimento da ação ao invés de investigar sobre a ação (esta é a abordagem seguida num estudo de caso);
2. Envolvimento direto do(s) investigador(es) na ação mas com partilha de experiências e conhecimentos com os outros colaboradores ou participantes e que serão afetados pela investigação desenvolvida;
3. Agir/realizar as mudanças que se considerem necessárias para melhorar as situações identificadas;
4. Avaliar os resultados obtidos após a ação sobre o problema identificado e reiniciar o ciclo se necessário (é uma abordagem de desenvolvimento contínuo do conhecimento e da prática com uma natureza particularmente inovadora).

Aprender fazendo, é a melhor expressão que caracteriza a metodologia *action-research*. Através da ligação entre um ou mais investigadores dedicados a um determinado objeto de estudo, este método caracteriza-se pela cooperação entre o investigador e os diferentes intervenientes no processo (O'Brien, 1998). A relação de maior proximidade com os intervenientes no processo permitirá obter melhores resultados motivando os intervenientes para algo que será útil para eles, concedendo uma maior importância às suas opiniões e à experiência que eles mesmo foram adquirindo ao longo dos anos de envolvimento no processo estudado.

Ou seja, não é um método limitado apenas ao momento em que é aplicado pois tem implicações que vão para além do projeto imediato tendo repercussões na empresa e nos seus intervenientes no futuro, prolongando-se e permitindo melhoramentos após o ato inicial. Deste modo, neste método de investigação a pesquisa segue quatro passos essenciais: planejar, atuar, observar e refletir; ou, segundo Saunders (2007): Planejar, Fazer, Observar, Refletir. Por outro lado, Winter (1987) defende seis princípios caracterizadores do *action-research*: crítica reflexiva, crítica dialética, recursos de colaboração, risco, estrutura plural e teoria - prática de transformação.

A crítica reflexiva significa que o investigador através da auscultação de reclamações dos intervenientes nos processos analisa as reais necessidades em comparação com o que a teoria determina para a situação em causa. A crítica dialética é um fenómeno em que os diversos intervenientes partilham informações. Ao nível dos recursos de colaboração, deve-se tentar identificar aquilo que é partilhado entre todos. O risco significa que é papel do investigador aumentar o processo de envolvimento dos



colaboradores. A estrutura plural, serve como um suporte para futuras discussões com os intervenientes nas ações. Por fim, a teoria - prática de transformação significa que a teoria informa a prática, e por sua vez a prática refina a teoria, numa contínua transformação.

Esta investigação decorreu segundo um conjunto de etapas devidamente planeadas. Em primeiro lugar estudou-se o processo produtivo e as restrições do mesmo na empresa estudada. Nesta fase, foram recolhidas informações sobre o processo de aquisição da M.P. na Flexus S.A. nomeadamente: o momento de aquisição, os volumes de aquisição, os fornecedores, a relação com as necessidades da produção e com as encomendas dos clientes, entre outros. Os diversos elementos da empresa que contribuem para o processo de decisão foram entrevistados e determinadas as causas e consequências associadas às falhas de M.P.

Seguidamente procedeu-se à construção/adaptação de modelos de apoio à decisão ao contexto específico da Flexus S.A., os quais foram aplicados e testados no ambiente real da empresa. Os resultados obtidos foram analisados em função do *feedback* dos responsáveis da empresa de modo compreender-se o seu efetivo contributo para a tomada de decisão, tendo sido ainda analisado o impacto e as dificuldades de implementação do modelo proposto de modo a proceder-se a correções ou adaptações, se necessário.

## **1.5 Organização da dissertação**

A presente dissertação é constituída por cinco capítulos. No segundo capítulo encontra-se a revisão bibliográfica efectuada. Neste capítulo são enunciadas diversas formas de gestão dos custos com M.P., gestão da relação com os fornecedores e ainda uma revisão sobre os modelos de decisão estocásticos e multicritério. O capítulo subsequente é caracterizado pela apresentação da empresa e a explicação do problema de investigação de forma mais aprofundada. O quarto capítulo apresenta o modelo de decisão elaborado bem como os pressupostos assumidos para a execução do modelo de suporte à decisão e discussão dos resultados alcançados. No quinto capítulo apresentam-se as principais conclusões e contribuições deste projecto de investigação. Em anexo apresenta-se um manual para a utilização do modelo desenvolvido.



## 2. REVISÃO DA LITERATURA

O primeiro sub-capítulo destina-se à exposição sobre os custos com a M.P. onde as opiniões de diversos investigadores, como Carravilla (1997) ou Tornow (2009), permitiram avaliar sobre a necessidade e a importância do stock numa empresa, entre outros assuntos abordados. O segundo sub-capítulo desenvolveu-se sobre a problemática da selecção de fornecedores onde é necessário considerar aspectos bastante importantes como o preço, valor acrescentado ao produto, o prazo de entrega e as condições de entrega, entre outros. Diversas investigações foram realizadas neste campo sendo que a utilização do *Total Cost of Ownership* colheu diversos apoiantes entre os quais Degraeve *et al.*, 2005. Diversos autores, como por exemplo, Naguib (2009) e Bremen *et al.* (2007), salientam a necessidade de estimar os custos com cada fornecedor, porém é vital também identificar quais são as suas vantagens e desvantagens, quando comparando com os fornecedores concorrentes. Este segundo sub-capítulo da revisão bibliográfica revela-se como um dos mais importantes pois enquadra igualmente as outras formas de análise sobre a problemática da selecção de fornecedores, como por exemplo, a política de reposição de stocks a ser utilizada nas empresas. O terceiro sub-capítulo da revisão bibliográfica destina-se essencialmente à explicação e apresentação de pesquisas bibliográficas sobre a utilização de modelos de auxílio à decisão onde se realiza a distinção entre modelos de decisão estocásticos (Tereso, 2011 e Siniscalchi, 2011) e modelos de decisão multicritério (Prado *et al.*, 2009 e Saaty, 2008). A distinta utilização destes dois modelos de auxílio à decisão podem ser intervenientes em campos de investigação bastante diferenciados. Por exemplo, na selecção do tipo de intervenção cirúrgica efectuada através da utilização de modelos de decisão estocásticos, investigação de Bozic *et al.* 2010 e utilização de modelos de decisão multicritério, um outro exemplo, através da utilização do *Analytic Hierarchy Process* (doravante denominado de AHP), desenvolvido pelo Dr. Thomas L. Saaty, quando a NASA necessitou de identificar/filtrar a diversidade de equipamentos que necessitava de alojar na sua base lunar. Na ótica de investigação deste projeto a utilização destes modelos auxiliares à decisão, entre outros identificados e analisados no decorrer desta dissertação tornaram-se vitais. O quarto e último sub-capítulo, pela natureza escassa deste tipo de investigações, tornou-se preponderante para a mais abrangente compreensão do

problema, bem como a possível identificação e utilização de métodos auxiliares à tomada de decisão.

## **2.1 Gestão dos custos com M.P.**

A problemática da aquisição de M.P. tem sido alvo de estudo por diversos investigadores. Uma metodologia que tem sido amplamente difundida na literatura, o JIT (*Just in Time*), defende expedições e entregas da M.P. programadas com exatidão. Em diversos casos as M.P. são adquiridas em grandes quantidades representando custos muito elevados, podendo ou não ser adquiridas em oportunidades de mercado e como tal a preços mais reduzidos. Porém devido aos enormes volumes transportados e a necessária cooperação de diversos intervenientes conduz invariavelmente à pouca exatidão sobre o momento de entrega. O agente decisor avalia os preços que determinados fornecedores atribuem aos seus produtos e nessa situação, se não estiver de acordo com o que lhe ofertam, divergirá a sua atenção para o consumo do seu próprio stock, se com a reposição ele mantiver o mesmo, ou inferior, custo médio, ou em alternativa procurará encontrar fornecedores que apresentem preços mais reduzidos ao que existe no seu stock, gerando desta forma uma compra de oportunidade. A importância de avaliar financeiramente o capital associado ao stock de uma empresa é vital, sendo que o stock de uma empresa representa normalmente entre 20 a 50% do seu ativo (Carravilla, 1997). Desta forma a política de aprovisionamento da empresa e a mais correta aquisição de M.P. são elementos preponderantes no sucesso do negócio.

O stock tem como função básica, segundo Carravilla (1997), proporcionar uma resposta imediata à procura. Por vezes, a procura irá ser maior do que a oferta, porém existem outros momentos em que a oferta será maior que a procura e em ambas as situações o stock de uma empresa irá ser utilizado como um *buffer* de tempo entre entradas de novas M.P. ou saídas do produto final, mas sempre em função do tempo de reposição da M.P. de modo a evitar longas roturas.

A definição da quantidade a adquirir, do momento de aquisição mais acertado, bem como a eficiente gestão de stocks permitem alcançar o menor custo para as empresas. Salientando que, no caso das empresas que utilizam M.P. raras, como peles de animais

ou pedras preciosas, os custos de aquisição de M.P. são mais elevados, estes casos carecem sempre de uma análise mais aprofundada.

No entanto, a importância de escolher um bom fornecedor não pode nunca ser determinada apenas pelo preço a que ele disponibiliza o produto. O fornecedor mais económico pode não ser aquele que apresenta o preço mais reduzido das M.P. Neste contexto, será útil a utilização de métodos de seleção de fornecedores que considerem os diversos custos relevantes para além do custo de aquisição dos *inputs*, e.g. custos da qualidade. Ao nível destes métodos destaca-se o TCO. Este método será apresentado na secção 2.4.

O mercado global, no qual as empresas de hoje estão inseridas, é extremamente competitivo. As empresas enfrentam diversos concorrentes e trabalham para clientes que apresentam elevadas exigências, como produtos ao menor custo possível, entregas atempadas, quantidades pré-estabelecidas, e a satisfação de um exigente conjunto de imposições. O nível de competição na cadeia de fornecimento é determinado pela capacidade negocial dos clientes e dos fornecedores (Porter, 1980).

Porter (1980) desenvolveu um modelo onde analisa a competição entre as diferentes empresas com base em cinco forças competitivas:

1. Rivalidade na indústria;
2. Poder de negociação dos clientes;
3. Poder de negociação dos fornecedores;
4. Ameaça de entrada de novos concorrentes;
5. Ameaça de produtos substitutos.

A análise destas cinco forças possibilitam desenvolver uma estratégia empresarial mais eficiente. Por vezes, o número alargado de concorrentes pode incutir na empresa a necessidade de apostar em inovação, por exemplo ao nível dos produtos que disponibiliza, ou em termos de marketing, para que desta forma lhe seja possível ganhar mais clientes e concursos evitando perda de negócios, mesmo praticando preços mais elevados. De igual importância é o poder de negociação, dos clientes e dos fornecedores. Cada vez mais, os clientes exigem maior qualidade ao menor preço o que obriga os fornecedores a reduzirem cada vez mais os seus custos de produção, sem que isso diminua a qualidade dos seus produtos, para não correrem o risco de lhes

impossibilitarem a venda. Além destes factores existe ainda a ameaça de novos produtos e novos concorrentes.

Na procura de aumentar a rentabilidade de cada empresa alguns fornecedores procuram disponibilizar aos seus clientes alternativas aos produtos normalmente comercializados, para que sejam uma mais valia para ambos os intervenientes. Por norma o que os fornecedores modificam é somente o seu produto “base” acrescentando-lhe valor, como por exemplo, realizando cortes à medida das necessidades dos seus clientes, ou disponibilizando os seus produtos de forma a minimizar processamento interno dos clientes, entre outros. Não obstante a ameaça de novos concorrentes poder ser ultrapassada através, por exemplo, do registo de patentes sobre alguns produtos, ou até mesmo sobre a economia de escala que o próprio fornecedor se encontra, existiram sempre bens alternativos que serão sempre alvo da avaliação da sua qualidade, da relação preço/rendimento do produto e preferencialmente se ele é muito diferente, ou não, do produto que se pretende substituir.

A capacidade que cada empresa tem de ultrapassar as dificuldades que encontra, quer seja através da inclusão de novos produtos, do acréscimo de valor ao produto que disponibiliza ou a uma nova estratégia para os seus produtos, ou outros factores, é esta competência que determina a sua capacidade de sobrevivência no mercado global e alcançar margem de lucro.

No entanto nem sempre o preço foi determinado em função da procura, “*In the past, the raw materials market was reshaped by military actions, as well as by global political and economic changes of today`s industrialised countries*” (Tornow, 2009, p.162). A localização geográfica, a importância dos recursos naturais, particularmente os minérios, as políticas governamentais e, recentemente, factores ambientais são alguns dos motivos que explicam a disponibilidade e os preços das M.P., em especial no caso das *commodities*.

De uma forma geral consideram-se produtos como denominação para tudo o que uma empresa produz e utiliza, porém existem bens definidos como *commodities*, que pelas suas características de negociação mundial tem um carácter especial de aquisição, mesmo em termos de quantidades, pois existem fornecedores que apresentam um limite mínimo de compra. Exemplos deste tipo de bens são, por exemplo, os materiais

ferrosos, os aços, o café, a água, e até mesmo pedras preciosas como os diamantes, rubis, esmeraldas, entre outros.

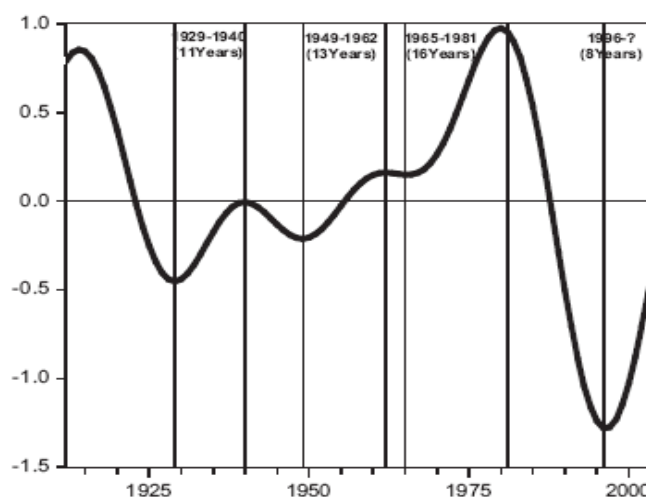
As M.P. de um país podem ser de tal ordem importantes que conduzem a guerras civis e até podem movimentar interesses internacionais. O conflito na região do Kivu-Norte (República Democrática do Congo) entre os Tutsis e Hutus apoiados por Ruanda e Uganda, países vizinhos interessados na exportação de um minério utilizado amplamente na produção de telemóveis, é um exemplo atual e inequívoco da importância das *commodities*. Aliás, o continente africano é particularmente rico em minerais fundamentais para a indústria assim como em fontes de energia. Angola por exemplo é um dos grandes exploradores de petróleo de África mas também reside neste território uma das maiores quantidades de diamantes do mundo. Com uma proximidade geográfica assinalável a África do Sul apresenta diversas minas capazes de fornecer metais preciosos como ouro ou prata. Apesar das enormes riquezas naturais destes países as políticas praticadas têm bloqueado, desde há décadas, o seu enorme potencial de desenvolvimento.

Embora cada país tenha a sua própria política governamental ou económica existem setores de atividade que utilizam um produto em específico, como é o caso da construção civil que baseia a sua quase totalidade de produção na utilização de materiais compósitos e aços. Outras indústrias porém para o fornecimento dos seus produtos utilizam uma elevada variedade de materiais. Por exemplo, a indústria automóvel assenta a sua produção em diversos materiais porém utiliza uma elevada percentagem de aços e ligas provenientes de processos de transformação de aço. Apesar das políticas ambientais estarem cada vez mais em voga, a utilização de materiais alternativos aos metais ferrosos, como por exemplo, as fibras de carbono que se tentam introduzir no processo de construção dos automóveis, de modo a substituir os aços, implicando uma redução de peso e poupança sobre os combustíveis utilizados, não constitui ainda hoje uma alternativa totalmente viável.

Os setores da construção civil e da indústria automóvel são responsáveis por uma grande parte do consumo de aço no mundo. Porém, a construção civil representa o mercado-alvo dos aços com menores especificidades, enquanto no sector automóvel procura-se alcançar permanentemente o menor peso possível e as melhores características mecânicas. Estes dois setores de atividade são preponderantes nas

flutuações do preço do aço no mundo. Neste sentido, a obtenção de um conhecimento aprofundado sobre as M.P., particularmente a evolução dos preços das M.P. utilizadas confere uma vantagem competitiva às empresas que lidam com estes materiais.

Diversos investigadores têm tentado encontrar um padrão para a subida e a descida do preço destes materiais nos mercados mundiais, e a conclusão é a de que existem super ciclos de preços, apesar de poder assistir-se a uma estagnação momentânea. Jerret e Cuddington (2008) realizaram diversos estudos sobre a flutuação de preços e apresentaram um padrão para a sua evolução. Embora os ciclos sejam bastante alargados, na ordem dos 10 a 35 anos (Figura 1). Pelo menos a cada 20 ou no máximo 70 anos existe uma alteração significativa no ciclo de preços, antes de se alcançar o ponto em que os preços de M.P. não sofrem muitas oscilações.



**Figura 1 - Flutuações de preços do metal (Jerret e Cuddington, 2008)**

O estudo elaborado, ainda que com maior incidência sobre o alumínio, cobre, níquel, prata e zinco, é muito relevante para as empresas que trabalham diretamente com este tipo de M.P., pois se a tendência cíclica se mantiver têm a possibilidade, antes dos preços alcançarem novamente o ponto crítico, de se precaverem para enfrentar com menor dificuldade o ciclo de subida de preços.

A investigação de Jerret & Cuddington (2008) deveu-se à necessidade da empresa petrolífera BP obter conhecimentos aprofundados sobre os custos que pode incorrer na construção de novas plataformas, e as próprias flutuações que podem ocorrer, além dos amplamente estudados ciclos normais de flutuações de preços (2 a 8 anos). Dando como



adquiridos os ciclos de preços nos aços os autores interpretaram dados de um período de 100 anos (1900-2000), período em que ocorre a revolução industrial. A Inglaterra graças aos seus extensos depósitos de ferro e carvão deu origem a um movimento mundial, a revolução industrial, que ainda hoje sentimos a sua preponderância, e devido a elevadíssimos picos de necessidade, os dados apresentados podem não ser totalmente fidedignos. Apesar da investigação/estudo da variação de preços ter decorrido sobre os volumes transacionados na bolsa de Londres, e como tal foram influenciados pela elevada procura deste tipo de M.P. aquando da revolução industrial, na atualidade o mercado europeu tem de confrontar-se com as elevadas necessidades de países com crescimento mais elevado. O artigo revela-se bastante importante para a compreensão da evolução mundial dos preços, porém a antiguidade dos dados poderá não indicar com total veracidade o atual momento do mercado de aços mundial.

Desde há quase três décadas assistimos a um novo *boom* mundial. Economias emergentes como a chinesa, a brasileira e a indiana, querem alcançar o mesmo patamar de vida e conforto, o que conduz indubitavelmente, a uma alteração nos preços das M.P. utilizadas nas mais diversas aplicações. As indústrias mineiras, que podem necessitar entre cinco a dez anos para atingirem o seu ponto de estabilidade possuem um peso extremamente importante e crescente na economia mundial (Rosenau-Tornow *et al.*, 2009). Este tipo de infra-estruturas industriais, existentes em diversos países, funcionam inúmeras vezes como uma forma de avaliar a capacidade produtiva de um país. Por vezes, e tal como supracitado, apesar de um país possuir inúmeras riquezas minerais, não significa, por si só, que as aproveitará da melhor forma. Casos como o da China ou do Brasil, onde existe uma vastíssima exploração mineira, são extremamente proveitosos para a economia do país em causa. No caso da China, devido a vários fatores como os baixos salários, ausência de políticas protecionistas, entre outros, o sector mineiro fornece a totalidade dos aços e materiais ferrosos e impulsiona também o enorme crescimento da sua economia. Além destes fatores naturais, os fatores políticos vigentes na China possibilitaram a sua transformação num país totalmente industrializado e numa das economias mais vigorosas do mundo. O Brasil tem sido, na última década, uma economia em claro crescimento sustentado, mesmo com a contração mundial agravada no decorrer do ano de 2013. O mercado brasileiro neste momento encontra-se ainda em pleno crescimento. A estabilidade política alcançada, a mudança de mentalidade dos seus governantes e um sentimento crescente de segurança nacional

estão a transformar a economia brasileira num exemplo. Durante várias décadas, Hong Kong e o Japão foram considerados como exemplos de crescimento económico a seguir, mas hoje em dia o próprio Japão concentra as suas atenções no Brasil de modo a aproveitar e rentabilizar os vastíssimos recursos mineiros que o Brasil tem, quer seja em carvão quer seja em materiais ferrosos. Um claro exemplo deste tipo de indústria é a Usiminas, um consórcio mineiro que consegue gerar milhões de reais mensais. E em épocas de elevado consumo de materiais ferrosos no continente Americano, a Usiminas direciona a quase totalidade dos seus produtos para este mercado, descurando os restantes mercados pois retira do mercado Sul-Americano muitos dividendos. No entanto quando a procura do mercado europeu é grande, a Usiminas tenta mudar o seu paradigma direcionando os seus produtos, para o mercado europeu, de modo a vender a totalidade da sua produção ou pelo menos grande parte. Estas mudanças na procura e na oferta nos preços de venda por vezes coincidem com os ciclos de preços distintos.

As referências a uma possível repetição de ciclos de preços, citados por Jerret e Cuddington (2008), incutiram uma necessidade de obtenção de melhor compreensão sobre os diversos intervenientes e não apenas uma clara compreensão dos seus pressupostos através da interpretação de fórmulas matemáticas.

1.  $LRP_t \equiv LRPT_t + LRPSC_t + LRPO_t$
2.  $LPT \equiv LPBP(70, \infty)$
3.  $LPO \equiv LPBP(2, 20)$
4.  $LPNT \equiv LPO + LPSC$

A primeira fórmula apresentada remete para uma equivalência em grandes períodos de tempo, com a soma de tendências a longo tempo ( $LRPT_t$ ), as tendências dos super ciclos ( $LRPSC_t$ ) e ainda as tendências de intervenientes de outros componentes de ciclos temporários mais pequenos ( $LRPO_t$ ). Desta forma seria possível interpretar os diversos ciclos de preços que surgem ao longo das décadas em função das oscilações existentes em ciclos de 2 a 7 anos, de 2 a 20 anos e até mesmo além dos 7 a 20 anos interligando com ocorrências inesperadas.

Com a apresentação da segunda fórmula os autores determinam que a tendência de longo prazo,  $LPT$ , será equivalente à tendência determinada para além dos 70 anos de análise em função da técnica económica desenvolvida e denominada de *band-pass BP*.

Contudo a tendência a longo prazo, conjugando outros componentes mais reduzidos na alteração do ciclo de preços, *LPO*, é identificado pelos autores como o resultado das análises das tendências determinadas pela *band pass* num período compreendido entre 2 e 20 anos, *LPBP* (2,20). Porém tentam ainda, os autores, com a quarta e última fórmula incluir as não tendências, *LPNT*, na formulação do problema.

Para além da apresentação das diversas fórmulas os autores elaboraram diversas análises que permitiram identificar, estatisticamente, que existem de facto ciclos de preços ao longo da história. Embora seja claro para os autores a existência de ciclos não conseguem indicar, mesmo analisando vários fatores, uma correta alocação temporal para o citado Super Ciclo de preços que ocorrem num intervalo de 70 anos, mas os autores referem também a existência de outros ciclos num horizonte temporal entre 2 e 20 anos.

As subidas de preço dos metais em tempos de expansão são acompanhadas por baixas em tempos de estagnação económica. Apesar da enorme volatilidade dos preços foram estatisticamente comprovadas mais ocorrências de baixas de preços do que de subidas de preços. Apesar de comprovada a existência das significativas alterações de preços não foi possível pré-determinar estatisticamente os seus ciclos (Roberts, 2009). Embora os dados analisados sejam efetivamente escassos importa clarificar que nenhuma avaliação cíclica pode ser feita em função do momento de avaliação. Ou seja, um ciclo nunca poderá ser investigado parcialmente, dever-se-á analisar não apenas num momento de crescimento da economia de um país, mas sim desde essa subida de preços, até que surja o término do período de descida de preços e surja um novo ciclo de subida. Estas subidas poderão incluir, desta forma, um claro crescimento económico de determinada economia bem com um período de recessão. Entre estes ciclos podem passar-se diversos anos. No entanto é necessário constatar, que embora os ciclos possam ser repetidos, eles serão diferentes em amplitude e em pico de preço (preços máximos alcançados). Embora os preços possam alcançar valores máximos nunca anteriormente alcançados deve sempre existir a noção que essa subida de preços irá posteriormente originar uma queda, e que na generalidade dos casos a duração temporal de queda será sempre substancialmente maior que o tempo decorrido para a subida de preços.

Rosenau-Tornow *et al.* (2009) alertam para a utilização massiva de análises da procura dos metais por parte dos mercados, governos e sector bancário, como forma de

avaliarem o real estado de uma economia, ou seja, servem de indicador sobre a real capacidade de um país, seja ele consumidor de M.P. ou produtor, mesmo com os longos prazos a que os projetos mineiros estão sujeitos. Estes autores apresentam quatro fatores que consideram extremamente importantes para a capacidade de fornecimento de metais.

- Geologia, probabilidade de existência de filões de grandes dimensões e as diversas dificuldades para a exploração mineira no local;
- Tecnologia, referente à capacidade tecnológica da economia em causa obter os minerais bem como a capacidade de tratamento e refinamento dos materiais;
- Economia, a diferença entre os custos de produção e o preço de venda dos produtos mineiros;
- Política, i.e. as condições de estabilidade governamental que o país em causa fornece para o desenvolvimento de um projeto mineiro.

Estes quatro fatores são muito importantes e devem ser incorporados na decisão acerca da aquisição de M.P. podendo auxiliar na determinação da política de stocks da empresa e auxiliar na seleção dos fornecedores. No entanto, o melhor fornecedor dependerá de diversos parâmetros.

## **2.2 Gestão dos custos com fornecedores**

O objetivo principal de qualquer empresa é obter lucro e obtê-lo de uma forma sustentadamente crescente. Para que este propósito seja alcançado deve trabalhar com os melhores preços, com a qualidade mais adequada e com os fornecedores que melhor conseguem satisfazer as suas necessidades. A qualidade da M.P. não pode ser dissociada de quem a fornece, qualquer empresa pode manter a qualidade da M.P. nos seus produtos, adicionando-lhe simplesmente valor acrescentado, mas nunca conseguirá melhorar este aspeto por si só. A escolha dos fornecedores acarreta portanto importância suplementar. A política de seleção de fornecedores, os custos relacionados com os procedimentos de compra e a política de stock merecem ser objeto de estudo e reflexão. Apesar da gestão de custos com os fornecedores ser bastante complexa, envolvendo vários aspetos, há várias abordagens que podem ser implementadas, como por exemplo, o *Total Cost of Ownership*, TCO.

Na realização de uma aquisição devem ser sempre contabilizados os custos totais associados a essa compra, ou seja, não somente o custo de aquisição mas também os custos logísticos associados, os custos de preparação da encomenda, associados às componentes administrativas e processamento de informações, entre outros. O TCO visa estimar de forma clara os custos diretos e indiretos associados a um processo de aquisição de um determinado bem ou serviço (Degraeve *et al.*, 2005). O TCO assume cada vez maior importância nas empresas de hoje em dia e em áreas diferentes do que quando foi implementado inicialmente em 1987 pelo grupo Gartner. Diversas empresas mundiais atribuem cada vez maior importância ao TCO, como é o caso da Intel, “Gerir o TCO tornou-se um elemento essencial no controlo das despesas corporativas da produtividade” ou mesmo a Microsoft “o TCO é importante para empresas de qualquer tamanho, o objetivo não é apenas uma redução de custos mas aumentar a funcionalidade e utilização, sem aumentar a complexidade dos passos” (David *et al.*, 2002). Rentabilizar recursos e tempo, em função de procedimentos automáticos e simplificando ações traduzir-se-á em redução de custos. A utilização do TCO em empresas que utilizem invariavelmente sistemas informáticos traduz-se em enormes poupanças económicas. Realizar poupanças para qualquer empresa reflete-se em encaixe financeiro, mas reduzir custos e prejudicar o atendimento ou imagem de uma empresa pode ser uma escolha errada. Para o caso específico de empresas com grande investimento económico em *hardware* ou *software* o processo de centralização, através de uma central administrativa de *software*, ou todos os computadores serem iguais, traduzir-se-á numa enorme poupança económica, tanto devido a possíveis campanhas promocionais de compra, como a uma redução de recursos técnicos para manutenção de software de diversos equipamentos, pois neste caso todo o software estará alojado numa central. Além do processo de centralização existe também, para alcançar uma maior economia financeira, a necessidade de uniformidade a nível de *software* para que os diferentes utilizadores utilizem o mesmo *software*. O processo de centralização de recursos e uniformização de programas embora possa criar insatisfação em alguns utilizadores, pois podem necessitar de um período de adaptação, irá possibilitar uma elevada poupança económica mantendo as características do serviço disponibilizado.

Empresas com impacto mundial defendem e contabilizam o impacto do TCO. O Gartner Group, principal impulsionador do TCO, garante uma redução de custos na ordem dos 40% a 50% ao longo de 5 anos.

Apesar da utilização inicial do TCO em empresas tecnologicamente mais avançadas, e que envolvem enorme dispêndio em tecnologias de informação, o TCO não se limita somente a este género de indústrias e aplicações. Naguib (2009) elaborou um artigo com base no seu extenso trabalho de investigação em seis áreas metropolitanas dos Estados Unidos da América intitulado “*Total Cost of Ownership for air-cooled and water-cooled chiller systems*”. A investigação de Naguib (2009) centrou-se na análise de dois tipos de refrigeração, através de ar condicionado “*air-cooled*”, e refrigeração através de água arrefecida “*water-cooled*”.

Os custos de instalação, custos de manutenção e os custos energéticos foram os três principais custos avaliados, a partir dos dados do DOE (Departamento de Energia dos EUA). Como o autor faz referência, o TCO é uma abordagem estruturada para o cálculo dos custos associados à compra e utilização de um produto ou serviço. Além do custo de aquisição de um item, também o ato de encomenda, de entrega, os gastos com a manutenção entre outros custos possíveis, devem ser avaliados. O TCO é um processo concebido para medir custos excluindo qualquer análise de benefícios.

Bremen *et al.* (2007) realizaram uma investigação sobre os custos envolvidos em cadeias logísticas, fornecedores, escolha de fornecedores, processamento de ordens de compra e produção. Bhutta (2002) faz referência à medição da performance dos fornecedor. O trabalho de Degraeve (1999) centrou-se na selecção de fornecedores e quantidades encomendadas.

De acordo com Bremen *et al.* (2007) deve-se investigar sobre:

- Políticas de selecção dos melhores fornecedores, realizando avaliações sobre o nível de entregas atempadas e a qualidade do produto, por exemplo;
- Risco e gestão da cadeia de fornecimentos, atendendo ao empate de capital e ao nível de risco, por exemplo, devido ao ambiente político de um país.

Em última análise trata-se de toda uma nova forma de encarar o problema, “*Detailed information about the cost of outsourcing makes it possible to choose low cost suppliers rather than low price suppliers*” Bremen *et al.* (2007, p.262); reafirmando-se a importância de outros fatores, além do preço do material, no momento de escolher o fornecedor a quem se deve encomendar.

Além das inúmeras vantagens que o TCO pode acrescentar para as diferentes empresas não é uma metodologia que apenas oferece vantagens. Bhutta (2002) apresenta barreiras à inclusão do TCO nas empresas, sendo um dos poucos autores que investigam sobre as desvantagens do TCO. Tal como dificuldades na adaptação das empresas a procedimentos *standard*. Os custos para a adoção do TCO, nas diversas empresas, muitas vezes não são contabilizados, são necessárias mudanças sobre a cultura empresarial da própria empresa e a maior desvantagem/barreira para a inclusão do TCO, em mais empresas, é a falta de um procedimento *standard* para avaliar as reais necessidades do sistema em causa. Embora o estudo desenvolvido apresente algumas barreiras para a inclusão do TCO em algumas empresas, Bhutta (2002) aponta quatro setores de atividade que podem ser ideais para a inclusão do TCO. Indústrias, departamentos de qualidade, empresas com vincada vertente tecnológica e departamentos de pós-venda são os quatro setores chave apontados por Bhutta para a melhor e mais rentável inclusão do TCO.

A problemática da selecção de fornecedores estende-se à sua localização, pois a localização de um fornecedor condiciona o transporte dos materiais sendo particularmente importante quando as M.P. são adquiridas a fornecedores sediados fora do país e muitas vezes em diferentes continentes. Este facto, além de acarretar longos períodos de espera, causa severas dificuldades se existir alguma anomalia numa encomenda.

Hussain *et al.* (2010) apresenta uma análise SWOT (*Strenghts*, forças; *Weaknesses*, fraquezas; *Opportunities*, oportunidades; *Threats*, ameaças), sobre as várias forças e fraquezas presentes na cadeia de abastecimento do Paquistão. Após uma análise aprofundada sobre os vários factores, internos e externos, que afectam a cadeia de abastecimento do Paquistão, são definidas prioridades de escolha com a utilização do método de análise *Analytic Network Process* (ANP) que é um desenvolvimento do *Analytic Hierarchy Process* (AHP).

As diferentes técnicas de análise utilizadas avaliam a cadeia de abastecimento (*supply chain*). Uma cadeia de abastecimento funciona como uma rede de ligações entre os diferentes fornecedores para abastecerem um mercado, neste caso o Paquistão, sendo que a rede não obriga a que haja ligações físicas entre os diferentes intervenientes.

Em determinadas regiões asiáticas são encontradas com alguma facilidade fibras têxteis naturais e mão-de-obra bastante barata. A expansão do mercado asiático em elevadas produções têxteis, com maior incidência em vestuário, aumentou a competição nos diferentes mercados e necessitou de melhoramentos na cadeia de abastecimento.

A análise SWOT, realizada pelos autores, indicou 5 forças, 11 fraquezas, 7 oportunidades de melhoria e 2 ameaças. Com estes dados foi aplicado o método ANP (*Analytic Network Process*), método de análise com base matricial. Segundo estes autores, os factores que mais influenciam a problemática da gestão da cadeia de abastecimento são a estabilidade político governamental, infraestruturas inadequadas para armazenar e gerir os abastecimentos e mão-de-obra com baixa formação.

A cadeia de abastecimento muitas vezes é forçada a acompanhar as necessidades do mercado, até mesmo em função de exigências dos seus fornecedores. Fan *et al.* (2008) estudaram as diferentes alterações que as cadeias de gestão de abastecimento estão sujeitas, quer sejam internas ou externas, incluindo as alterações provocadas por reestruturações da organização.

Factores como a competição e a cooperação entre os diversos intervenientes são muito importantes. No entanto, Fan *et al.* (2008), atribuem maior importância à própria adaptação das cadeias de abastecimento baseada em três pilares:

1. Adaptação da cadeia de abastecimento em função das trocas do exterior;
2. Processo adaptativo entre o exterior e o interior e novamente com o exterior;
3. Resultados da adaptação da cadeia de abastecimento com o exterior.

Estas trocas e adaptações resultam num processo de melhoria para a própria cadeia de abastecimento. E a sua própria reorganização, com novas construções, trocas e reduções, são o caminho apontado por Fan *et al.* (2008) como mais comum, causando menor conflitualidade com o meio ambiente da empresa.

A gestão da cadeia de abastecimento inclui trocas de materiais, energia e informação com o ambiente externo. Este mesmo ambiente externo está em constante alteração o que impele às modificações e adaptações da própria gestão de cadeia de abastecimento, quer seja com os seus intervenientes ou com novos, como por exemplo, procura de fornecedores mais capazes de satisfazer as necessidades criadas recentemente.

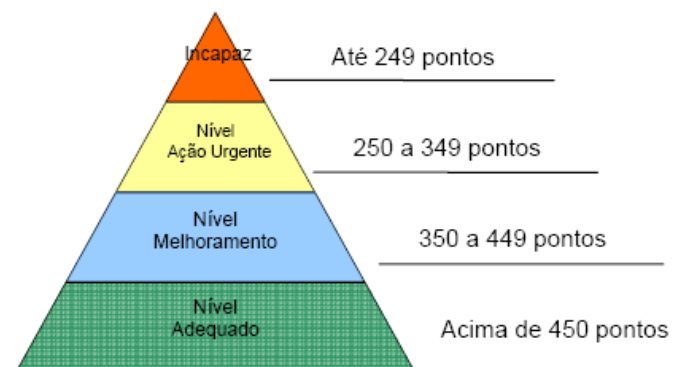


No decorrer deste trabalho tem sido salientada a importância dos fornecedores, mas a escolha correcta de um fornecedor não limita o acesso ao mercado, e muitas vezes o sucesso de uma empresa, reside sim na mais correcta aquisição das M.P. - Beling (2007). O departamento de compras gera lucro para a empresa, através de uma compra bem sucedida. Este autor faz menção a quatro itens que devem ser avaliados em cada fornecedor, ou possível fornecedor:

- Prazos de entrega;
- Qualidade (do material e da informação);
- Preço dos produtos;
- Condições de pagamento.

A responsabilidade de escolha do fornecedor e respectivas negociações devem estar sob a tutela do departamento de compras.

Durante o seu trabalho, Beling (2007) realizou várias considerações, sendo que a sua reflexão sobre uma escala de avaliação dos fornecedores através de uma estruturação dos mesmos em pirâmide revelou-se bastante interessante, Figura 2.



**Figura 2 - Pirâmide de escolha de fornecedores (retirado de Beling, 2007)**

Os fornecedores que estão na base da pirâmide são os mais indicados. É ainda feita referência à forma de avaliação dos fornecedores com base nas suas qualidades e no facto que devem ser utilizados menos fornecedores com maior capacidade de fornecer.

Ter fornecedores qualificados é fundamental para a eficiência do departamento de compras de qualquer empresa. A existência de fornecedores que consigam manter os prazos de entrega acordados, e a qualidade dos seus produtos, irá permitir ao cliente dessas empresas, uma eficiente programação da sua produção e o fornecedor em causa

irá, gradualmente, ganhar importância acrescida junto do cliente. Este tipo de fornecedores, mesmo apresentando possivelmente preços de venda mais elevados que os restantes concorrentes, permite reduzir o risco de tempos improdutivos devidos de atrasos nas entregas de produtos ou na necessidade de adaptação aos seus procedimentos e materiais enviados.

Escolher corretamente os fornecedores, para além de outras características igualmente importantes, é uma tarefa necessária a qualquer empresa pois sem M.P., componentes ou produtos semi-acabados, não é possível produzir o produto final. Mas sem a existência de um stock torna-se totalmente impossível produzir qualquer item. Alcançar solução para estes aspectos permite a qualquer empresa responder com maior eficácia aos seus clientes.

O stock de uma empresa corresponde normalmente a uma significativa fração do capital financeiro investido na empresa. Os produtos em stock são existências que podem ter grande rotatividade ou não (Rodrigues, 2010). Para a mais correta contabilização dos custos com o stock é importante clarificar quanto à disponibilidade, custo de encomenda, rotura de *stock* e custo de manutenção de *stock*.

A consideração de todos estes custos permite à empresa identificar a situação que lhe será mais proveitosa. O facto de qualquer empresa possuir stock irá invariavelmente criar encargos monetários para a mesma, quer seja por necessidade da mais correta manutenção dos stocks quer pelo próprio investimento subjacente à sua aquisição. Mas, por vezes, ter stock é vantajoso pois o mercado pode evoluir no sentido de uma subida de preços do produto em stock. Esta situação traduz-se numa valorização dos produtos existentes uma vez que o preço vigente no mercado é superior ao que existia quando o item foi adquirido. Porém, se o valor de aquisição desce, a empresa irá incorrer num prejuízo sobre o produto em stock.

Apesar destas vicissitudes uma das tentativas de controlo de stock de qualquer empresa, e tal como o JIT tenta implementar nas empresas onde é aplicado, são as entregas de M.P. atempadas. A tentativa da não rotura de stock, quando aliada à entrega imediata do produto em falta, pode ser proveitosa para qualquer empresa pois não acarreta, entre outros, o custo de manutenção de stock durante longos períodos de tempo. Porém, esta política de controlo de stock revela ainda maior importância para a existência de uma relação de cooperação e transmissão de informação com os fornecedores pois na

eventualidade de algum atraso na entrega da M.P. a produção poderá parar criando graves danos na economia da empresa.

Na gestão dos custos com fornecedores, a questão principal é a capacidade de escolha de fornecedores em função das suas várias competências, sendo que o processo de escolha deverá envolver uma análise de todos os custos, possivelmente realizada com recurso ao TCO. Mas a escolha dos fornecedores deve assentar em diversos critérios e os factores mais importantes devem ter um peso diferente dos restantes. Deste modo, surge de forma natural os modelos de decisão multicritério, pois são vários os critérios a serem tidos em consideração, ao nível da tomada de decisão, no que compete à selecção de fornecedores e definição do momento, quantidade, preço e outras condições de aquisição.

## **2.3 Modelos de decisão**

Quando enfrentamos um problema e temos necessidade de o ultrapassar, tornámo-nos agentes de decisão e as informações que recolhemos são um auxílio para entender melhor o contexto, de modo a desenvolver e alcançar as melhores decisões. Um modelo de decisão tem como objetivo principal auxiliar o agente decisor na tomada de decisões, expondo de forma clara o elemento decisor e articulando as suas preferências, em presença de ambiguidades e incertezas, tornando a sua decisão mais coerente com os seus interesses (Clemen e Reilly, 2001).

Se um problema apresenta mais do que uma possibilidade de solução estamos perante um problema de decisão que pode ser simples ou complexo dependendo da quantidade de informação a ser analisada.

Um problema de decisão simples poderá ser a escolha entre duas hipóteses sem atribuir preponderância a nenhuma variável. Ao passo que um problema de decisão mais complexo apresenta diferentes possibilidades de escolha, e o agente de decisão deverá interpretar e compreender o que influencia, na resolução de um determinado problema cada uma das variáveis intervenientes. Por exemplo, a selecção de qual jornal vamos adquirir em determinado momento, é um problema de decisão simples, enquanto um problema complexo poderá ser, por exemplo, a edificação de uma habitação, onde o

agente de decisão terá de decidir sobre o terreno a ser adquirido, a área de construção da casa, o momento de início da construção entre vários outros aspectos.

Os modelos de decisão podem ser classificados como determinísticos ou estocásticos, caso considerem ou não incerteza. Num modelo determinístico consideramos que todas as variáveis são conhecidas enquanto num modelo de decisão estocástico, existe incerteza em algumas das variáveis, sendo essa incerteza normalmente representada por variáveis aleatórias com probabilidades associadas aos possíveis valores. Os modelos estocásticos também se podem chamar modelos probabilísticos, pois consideram a probabilidade de ocorrência de vários acontecimentos ao longo do tempo.

Os modelos de decisão também podem ser classificados como modelos unicritério ou multicritério. Os modelos unicritério são utilizados caso se pretenda otimizar uma só variável do problema, como, por exemplo, maximizar o lucro ou minimizar o custo. Nos modelos multicritério é possível considerar mais do que um critério na obtenção da solução. Neste segundo tipo de modelos, não se consegue obter uma solução ótima para todos os critérios simultaneamente, sendo necessário encontrar soluções de compromisso, as quais dependem dos interesses do agente de decisão e da forma como este valorizar os diferentes critérios em questão.

### **2.3.1 Modelos de decisão estocásticos**

O objectivo principal de um modelo de decisão é o auxílio à resolução ou escolha sobre uma tomada de decisão num ambiente de incerteza. Na resolução de um problema a acção realizada pelo agente de decisão, i.e. o sujeito, é tomar uma decisão, porém cada problema pode ser resolvido tendo em conta diversos critérios, ou apenas um só, e a decisão tomada inicialmente revela-se como um resultado em função da avaliação efectuada pelo agente de decisão. Mas para tal ele necessita de saber a finalidade da sua decisão, por exemplo, tentar alcançar o máximo rendimento possível de um automóvel, em função da distância percorrida e combustível gasto, ou até mesmo qual o montante a dispendir na aquisição de um televisor em função da existência ou não do stock de determinada marca. Da mesma forma numa perspectiva de maximização de lucro, quando se efectua uma poupança bancária, procura-se realizar o maior encaixe financeiro possível. Mas quando o agente de decisão procura obter um empréstimo, existem diversos critérios que tem de considerar, como por exemplo, o valor mensal a

ser pago, o montante total pago, o tempo acordado para a liquidação do empréstimo, entre outros, porém procurará economizar o mais possível.

Quando o agente de decisão tem de optar entre duas possibilidades de seleção ele encontra-se numa indecisão. Por exemplo, escolher entre o caminho A ou o caminho B, em função de características dos diferentes caminhos, portanto:

- Se  $A > B$ , significa que o agente de decisão prefere a alternativa A à B;
- Se  $A = B$ , significa que para o agente de decisão é indiferente escolher entre A ou B;
- Se  $A < B$ , significa que o agente de decisão não prefere A em relação a B, optando neste caso pela alternativa B.

Apesar da forma, aparentemente simples de transmitir as preferências do agente de decisão, o facto de apenas auxiliar na representação não permite a obtenção de qualquer conclusão analítica, para tal é necessário determinar a utilidade de uma opção.

A utilidade de uma escolha é um número, ou função, que traduz o valor de cada decisão, representado por  $U(A)$  ou  $U(B)$ , onde cada uma das expressões traduz analiticamente o valor de utilidade da escolha de A,  $U(A)$ , ou da escolha de B,  $U(B)$ .

A  $U(A)$ , utilidade de A, é preferível à  $U(B)$ , utilidade de B, se e só se:

$U(A) > U(B)$  quando o agente de decisão prefere A a B,  $A > B$ ;

No processo de determinação de escolha para o agente de decisão é igual escolher entre A ou B, se e só se:

$U(A) = U(B)$ , ou seja, a utilidade de escolher A é igual à utilidade de escolher B em função de  $A=B$ ;

Embora seja necessário distinguir as preferências do agente de decisão, e qual o valor resultante do processo de escolha, é essencial definir perfeitamente duas simbologias que são recorrentes na construção de qualquer árvore de decisão:



Quadrado que representa o momento para a realização de uma decisão, nodo de decisão onde o agente de decisão determina a acção;



Círculo que representa um nodo de ocorrência ou acaso, onde os resultados são independentes do agente de decisão e fora do controlo do agente de decisão.

Nas árvores de decisão, os elementos representados por quadrados representam as decisões, ao passo que os elementos circulares representam acontecimentos casuais (Tereso, 2011).

A estruturação das árvores de decisão tem como objectivo expor de forma clara e organizada as diferentes decisões e possíveis resultados que podem surgir na resolução de um problema. Uma árvore de decisão, por meio de decisões e acontecimentos, estrutura o problema em causa reflectindo no final de cada ramo o resultado do mesmo, caso aquele caminho tenha sido seguido.

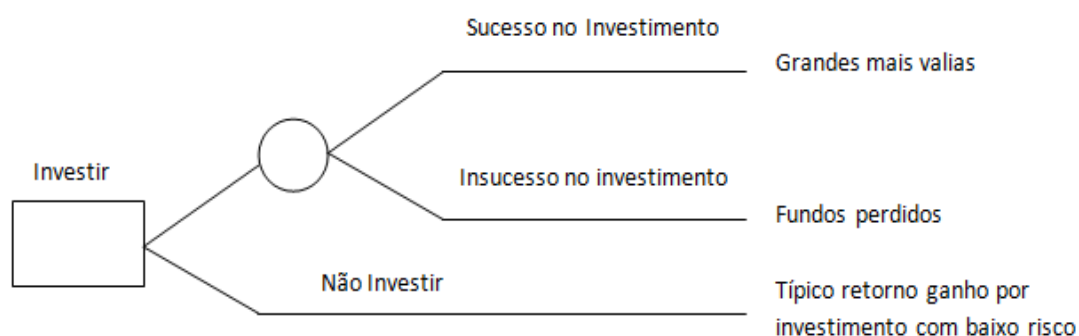
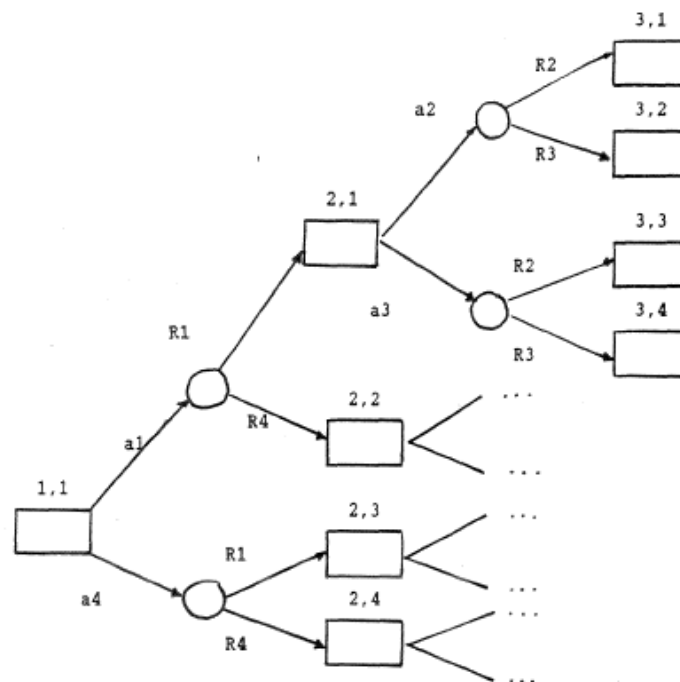


Figura 3 - Exemplo de árvore de decisão (adaptado de Tereso, 2011)

A Figura 3 mostra um exemplo de uma árvore de decisão muito simples. Inicialmente o problema em causa seria se se deveria realizar um investimento arriscado ou simplesmente decidir-se por um depósito bancário sem risco. A tomada desta decisão, representada na forma de um quadrado, sobre investir ou não investir o que poderá levar a três consequências diferentes. Tal como é indicado na árvore de decisão, se não for realizado o investimento, a consequência certa será 1) Típico retorno ganho por investimento com baixo risco, estando este ramo da árvore completo. Mas a acção de investir poderia conduzir a uma de duas possíveis consequências: 2) Grandes mais valias; 3) Fundos perdidos, originadas por dois resultados possíveis, representados por um nó de acaso circular, que são Sucesso no investimento e Insucesso no investimento, para os quais existe incerteza (Siniscalchi, 2011).

Esta forma estruturada de representação dos problemas permite descrever a situação de decisão e todos os elementos que a constituem de uma forma precisa e clara. Apesar do

exemplo da Figura 3 ser bastante simples, as árvores de decisão podem ser mais complexas. Para além da possibilidade de enunciar um maior número de alternativas/resultados para a resolução de um problema, cada alternativa/resultado pode dar lugar a mais alternativas/resultados, dando origem a uma árvore de decisão com decisões em cadeia (ver exemplo na Figura 4) (Tereso, 2011).



**Figura 4 - Exemplo de árvore de decisão com decisões em cadeia (retirado de Whit,1969)**

A utilização do modelo unicritério, com recurso a árvores de decisão traduz os problemas de forma esquemática e com recurso a utilização de probabilidades. Após a decisão inicial, é necessário indicar na árvore de decisão a probabilidade de cada resultado, e com este dado conclui-se qual ramo ou decisão que terá maior probabilidade de ocorrência em detrimento dos restantes.

Quando a árvore de decisão é construída na procura do maior rendimento económico, através de um investimento ou poupança, o valor mais importante na árvore de decisão será o maior valor final, maximizando desta forma o lucro da operação monetária. No entanto se a procura, através da construção da árvore de decisão, for minimizar o valor a investir então o mais seguro será escolher o valor mais pequeno de todos. Apesar da

simplicidade de uma árvore de decisão é necessário uma correta leitura das suas conclusões (Tereso 2011).

### **2.3.2 Modelos de Decisão Multicritério**

Os modelos de apoio à decisão são desenvolvidos a partir de um paradigma construtivista onde, durante o processo de construção do modelo, aprofunda-se e retiram-se elações sobre o problema em estudo. Ou seja, os atores do processo de decisão descobrem juntos sobre o problema em causa sendo assim obtida, teoricamente, a solução que melhor atenda aos interesses do grupo. O estudo de um problema dentro da abordagem MCDA (*Multi Criteria Decision Analysis*) inclui três fases: a estruturação, a avaliação e as recomendações, que continuamente interagem entre si.

A partir da década de 70, iniciaram-se os estudos de métodos voltados para problemas discretos de decisão num contexto multicritério. Estas metodologias são principalmente caracterizadas por:

- Melhor compreensão do problema;
- Possibilidade de diferentes formulações válidas para o problema;
- Adoção de estruturas que representam parcialmente a comparabilidade entre alternativas relevantes no processo de tomada de decisão diante de problemas complexos que nem sempre se encaixam dentro de um perfeito formalismo.
- Possibilidade de utilização de representações explícitas de uma estrutura de preferências, ao invés de representações numéricas definidas artificialmente.

O objetivo principal dos sistemas de suporte à decisão multicritério é fornecer ao decisor ferramentas que o levem a explorar o problema, com o objetivo de encontrar uma solução onde vários pontos de vistas, às vezes contraditórios (Vincke,1989).

Quando para a resolução de um problema é inevitável considerar diversos critérios, estamos perante um problema complexo onde é necessário utilizar modelos de decisão multicritério sendo portanto necessário:

- Identificar as alternativas de decisão;
- Verificar a veracidade das restrições impostas;
- Identificar critérios de avaliação.



Estes três pontos tornam-se essenciais e são ponto de partida para um auxílio à mais correcta tomada de decisão (Tereso, 2011). De entre diversos aspectos a serem considerados e formas de resolução diferenciadas, a mais correcta selecção de fornecedores revela-se de elevada importância. A utilização de MCDA tem de seguir alguns pressupostos, identificação e estruturação do problema, construção e uso do modelo construído e desenvolvimento de planos de acção são três passos amplamente utilizados por diversos investigadores. Os diferentes utilizadores, formas de aplicação distintas e aplicação de cálculos matemáticos diferenciados, conduziram a várias técnicas e até mesmo à distinção de duas escolas diferentes, a Escola Americana e a Escola Francesa, Figura 5.



**Figura 5 - Diferentes escolas Multicritério**

Os modelos de decisão podem ser subdivididos em:

- Modelos de medição de valor – são construídos indicadores numéricos de forma a representar o valor de cada opção, com a utilização da teoria do valor de múltiplos atributos ou com o processo de hierarquia analítica;
- Modelo de aspiração ou nível de referência – o processo é elaborado com o objetivo de alcançar maiores níveis de satisfação, ou descobrir que opções estão próximas de atingir as metas desejáveis;
- Modelos de Outranking – as alternativas nestes modelos são comparadas a pares. Exemplos destes modelos são os métodos ELECTRE e PROMÉTHÉE.

Um dos modelos multicritério mais referenciado na literatura, para a resolução de problemas reais é o AHP, *Analytic Hierarchy Process*. Este algoritmo de auxílio à tomada de decisão, desenvolvido por Dr. Thomas L. Saaty, é um processo matemático utilizado em problemas complexos que necessitam de ser “desdobrados” em vários subcritérios de avaliação e que carecem igualmente da avaliação de diversos critérios de escolha.

O AHP é um algoritmo de auxílio à tomada de decisão onde são realizadas comparações par a par, usando uma escala proposta por Saaty, permitindo assim definir prioridades para as diferentes alternativas ou critérios.

O autor (Saaty, 2008) defende que se todo o ser humano tomasse decisões apenas baseado na sua intuição, tenderíamos a considerar que toda a informação era útil e quanto mais informação houvesse melhor seria.

Esta premissa não considera o tempo necessário para o reconhecimento e avaliação de toda a informação. Devido a estes factos é necessário saber identificar qual informação é mais relevante.

O método desenvolvido por Saaty (2008) tem sido amplamente difundido a tal ponto que instituições como a NASA introduziram o método AHP para a escolha de equipamentos a serem colocados na base lunar e até sobre a seleção do sistema de propulsão a ser utilizado. Além da NASA, outras entidades públicas e privadas tem utilizado o AHP, como por exemplo exército americano, e a Xerox. Forman e Gass (s.d.) realizaram um estudo exaustivo sobre vários exemplos de utilização do AHP nas mais variadas áreas da sociedade.

A essência do AHP é através de cálculos matemáticos construir uma matriz de cálculo para os itens em causa, e quantificá-los em termos numéricos, Tabela 1.

**Tabela 1 - Escala de classificação de L. Saaty (adaptado de Saaty, 2008)**

<b>Grau de importância</b>	<b>Definição</b>	<b>Explicação</b>
1	Igual importância	Os dois fatores contribuem igualmente para o objetivo
3	Fraca importância	Experiência e julgamento favorecem um pouco um critério em relação ao outro
5	Forte Importância	Experiência e julgamento favorecem fortemente um critério em relação ao outro
7	Muito forte importância	Experiência e julgamento favorecem muito fortemente um critério em relação ao outro
9	Importância absoluta	O favorecimento de um critério em relação ao outro é o mais alto possível
2, 4, 6, 8	Valores intermédios	Comparações intermédias
Inverso dos valores anteriores	Comparações inversas	Para comparações inversas, y com x, é usado o inverso dos números apresentados antes

A cada item são atribuídos graus de importância, com base nesta escala, e depois comparados par a par, com utilização de cálculos matriciais.

Nataraj (2005) apresenta um outro exemplo da aplicação do AHP. A autora faz uma seleção das áreas por onde um gasoduto (*pipeline*) deverá ser instalado, em função das características naturais do terreno, do ambiente político da zona por onde vai ser instalado, e até das valências humanas existentes para a manutenção e revisão do gasoduto.

Para a correta utilização do AHP é necessário realizar determinados passos, tal como:

- Definir o problema e identificar o que é preciso procurar;
- Estruturar a hierarquia de decisão, em que a cada critério de decisão são atribuídos valores e a níveis intermédios correspondem de igual modo valores intermédios, que posteriormente com recurso a cálculo matricial obter-se-á um determinado valor final;
- Construção de matrizes para realizar comparações par a par;
- Utilizar as prioridades obtidas, da comparação do nível anterior, para realizar as comparações dos níveis seguintes e no final de todas as priorizações obtêm-se a ordem de prioridades.

E após a avaliação destes itens torna-se evidente a aplicação dos passos do AHP:

- Organizar os critérios de decisão de forma hierárquica e descendente;
- Comparar as características;
- Usar a escala de valores de Saaty para fazer comparações;
- Normalizar comparações;
- Calcular a taxa de consistência;
- Aplicar os diversos passos a todas as alternativas, subcritérios e critérios sumariando o resultado.

A aplicação correta destes passos, segundo Moraes e Santaliestra (2008), consiste a aplicação do AHP.

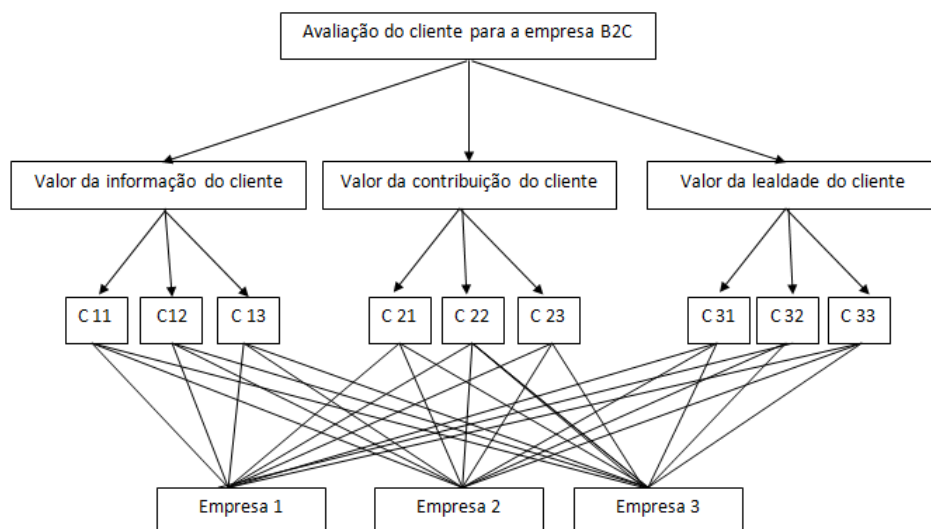


Figura 6 - Análise dos consumidores da B2C (adaptado de Chen *et al.*, 2011))

Chen *et al.* (2011), Figura 6, com auxílio de peritos em comércio/vendas *online* pretenderam avaliar a satisfação dos seus consumidores em relação aos produtos fornecidos.

Os autores avaliaram quais os critérios que eram tidos em consideração, por parte dos consumidores, e criaram a Tabela 2, onde estão presentes subcritérios agrupados, de modo a ser utilizado uma extensão do método AHP.

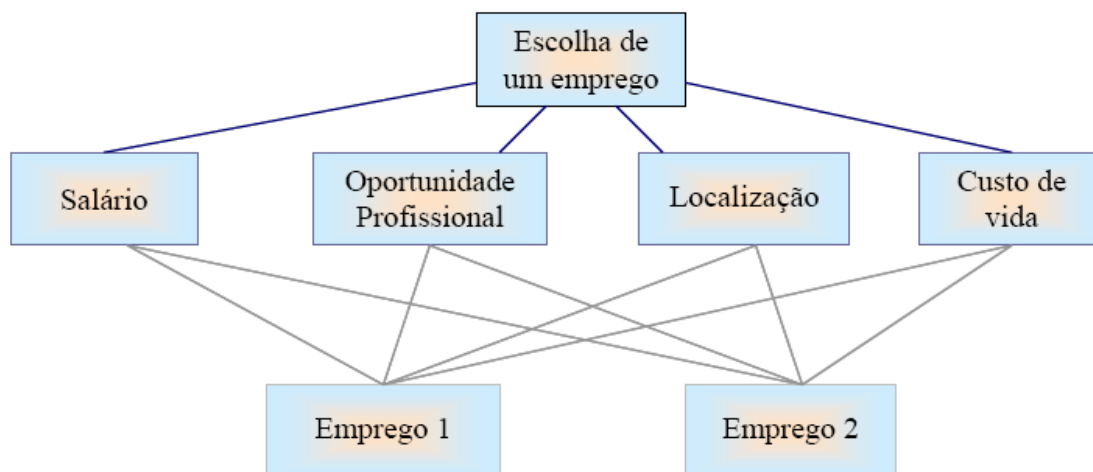
**Tabela 2 - Itens avaliados na B2C**

<b>Critério</b>	<b>Sub-Critério</b>
Valor da informação do cliente (C1)	Informação básica (C11)
	Informação e comunicação (C12)
	Recursos de informação objetivo integração (C13)
Valor da contribuição do cliente (C2)	Devolução de lucro anual (C21)
	Valor da operação (C22)
	Valor da recomendação (C23)
Valor da lealdade do cliente (C3)	Desejo de manter (C31)
	Grau de confiança (C32)
	Participar em atividades de marketing (C33)

Apesar da vastíssima utilidade do AHP em diversas áreas tal como o *design*, as finanças, análise de investimentos, resolução de problemas de negociação, medicina, seleção de mercado, entre outros (Anexo 1, Jordão e Pereira, 2006). É um método que se apresenta em constante desenvolvimento/aperfeiçoamento. Desde o seu desenvolvimento foram diversos os investigadores que utilizaram este método. Um exemplo bastante simples recai sobre o modelo desenvolvido por João e Pereira (2006) sobre a utilização do AHP como modelo de decisão multicritério para efetuar a escolha entre um de dois empregos propostos a um engenheiro civil da cidade de Coimbra.

Para realizar a escolha sobre o melhor emprego eram necessários ponderar quatro critérios:

- C1 - Salário Anual auferido nas diferentes propostas de trabalho;
- C2 - Oportunidade de progresso profissional;
- C3 - Localização do local de trabalho;
- C4 - Custo de vida.



**Figura 7 - Seleção de um emprego (estrutura da decisão João e Pereira, 2006)**

A decisão de escolha de um dos empregos encontra-se discriminada de forma clara na Figura 7, porém para os quatro diferentes critérios, segunda linha da estrutura de decisão, construiu a seguinte tabela de dados:

**Tabela 3 - Critérios de seleção de emprego**

<b>Critérios de escolha</b>	<b>Emprego 1</b>	<b>Emprego 2</b>
<b>C1 – Salário Anual (14 meses)</b>	140.00,00 €	210.00,00€
<b>C2 – Oportunidade profissional</b>	Alta	Baixa
<b>C3 – Localização</b>	Lisboa	Coimbra
<b>C4 – Custo de vida</b>	Alto	Médio

Os dados apresentados, Tabela 3, encontram-se discriminados de formas diferentes. O salário é avaliado em unidades monetárias, enquanto que a localização do emprego é avaliada segundo a preferência de cidade em causa e os restantes dois critérios em função de uma de três possíveis escolhas (Alto, Médio, Baixo). Tal como se verifica são possíveis de comparação critérios distintos em que alguns estão numa escala numérica e os restantes numa escala de interesse. Não obstante esta distinção de avaliação o método desenvolvido por Saaty permite a obtenção de ilações. Apesar da escala idealizada por Saaty ser em diversas vezes utilizada apenas com os valores ímpares de 1 a 9, no caso apresentado por João e Pereira (2006), entre outros, foram utilizados valores intermédios.

A conclusão de todos estes passos resulta na necessidade de cálculo matricial, Tabela 4, comparando as alternativas existentes par a par.

**Tabela 4 - Matrizes dos critérios de preferência**

<b>C1</b>	Emprego 1	Emprego 2
Emprego 1	1	1/6
Emprego 2	6	1

<b>C2</b>	Emprego 1	Emprego 2
Emprego 1	1	8
Emprego 2	1/8	1

<b>C3</b>	Emprego 1	Emprego 2
Emprego 1	1	4
Emprego 2	5	1

<b>C4</b>	Emprego 1	Emprego 2
Emprego 1	1	1/5
Emprego 2	1/4	1

De seguida é necessário, e tal como o próprio método indica, normalizar as diversas matrizes de forma a que o valor final da soma de todos elementos seja 1, Tabela 5. E realizar as devidas comparações par a par para a avaliação dos diferentes critérios, que são considerados importantes para a obtenção da escolha mais acertada.

Além da Tabela 4 também a Tabela 6 demonstra os cálculos necessários a serem efetuados para a aplicação do método AHP, apesar de serem operações aritméticas simples a complexidade de estruturação do problema obriga a realizar um elevado número de cálculos, todos os cálculos estão demonstrados no Anexo 1.

**Tabela 5 - Normalização de matrizes para o primeiro critério**

<b>C1</b>	Emprego 1	Emprego 2		<b>C1</b>	Emprego 1	Emprego 2
Emprego 1			<b>Resulta</b>	Emprego 1	$1/7=1/7$	$(1/6)/(7/6)=1/7$
Emprego 2	$1+6$	$1/6+1$	<b>Normalização</b>		<b>+</b>	<b>+</b>
=	7	7/6		Emprego 2	$6/7=6/7$	$1/(7/6)=6/7$
				=	1	1

A aplicação do AHP obriga inicialmente à estruturação do problema, Tabela 3. De seguida é necessário realizar comparações par a par de cada um dos elementos e estruturar a escala de comparações. Na Tabela 6 encontram-se inicialmente discriminadas as comparações preferenciais entre os quatro critérios avaliados (C1, C2, C3 e C4) e é onde se encontra exposta a preferência, em função dos critérios, sobre os empregos apresentados. Após a realização das comparações o método AHP necessita

que seja efetuada a normalização das matrizes expostas para que deste modo o valor resultante seja apenas uma unidade em cada um dos critérios expostos.

Após todos estes dados o método desenvolvido por Saaty carece da realização das médias de cada um dos critérios juntamente com a matriz preferência. Sendo que esta matriz preferência mais não é do que a apresentação dos valores da média de cada um dos critérios utilizados na comparação entre as duas possíveis escolhas, emprego 1 e emprego 2. Novamente é necessário comparar os critérios avaliados e a respetiva normalização dos critérios e a média subsequente dos mesmos.

A forma final de apresentação da escolha é apenas possível após a realização destes diversos passos e necessita da multiplicação dos valores resultantes da matriz de preferências e a média calculada dos critérios, cálculos estes executados no penúltimo passo do método. Neste caso a escolha recaía sobre a avaliação de qual dos dois empregos seria a escolha acertada e neste caso o emprego 1, localizado em Lisboa, obteve o resultado de 0,679 (67,9%) que é superior ao emprego 2 que obteve o resultado final de 0,321 (32.1%). Porém estes valores apresentados representam de uma forma direta percentagens, Figura 8 que correspondem diretamente ao processo de avaliação das alternativas.



Tabela 6 - Cálculos para a utilização do AHP, apenas sobre o primeiro critério

	Emprego 1		Emprego 2		Média				
C1 - Cálculo da média do critério Salário									
Emprego 1	1/7=0,143	+	1/7=0,143	=	0,143				
Emprego 2	6/7=0,857	+	6/7=0,857	=	0,857				
Matriz de Preferências/Prioridades									
	C1	C2	C3	C4					
Emprego 1	0,143	0,889	0,167	0,8					
Emprego 2	0,857	0,111	0,833	0,2					
Comparação entre critérios									
	C1	C2	C3	C4					
C1 - Salário	1	1/7	1/3	41306					
Cálculo para normalização dos critérios									
	C1	C2	C3	C4					
C1 - Salário	1	1/7	1/3	41306					
	+	+	+	+					
C2 - Oportunidade	7	1	5	5					
	+	+	+	+					
C3 - Localização	3	1/5	1	3					
	+	+	+	+					
C4 - Custo de vida	2	1/5	1/3	1					
	=	=	=	=					
Total	13	54/35	20/3	19/2					
	C1	C2	C3	C4					
C1 - Salário	1/13	(1/7)/(54/35)=5/54	(1/3)/(20/3)=1/20	(1/2)/(19/2)=1/19					
Média dos critérios									
	C1		C2		C3		C4		Média
C1 - Salário	1/13=0,07	+	5/54=0,09	+	1/20=0,05	+	1/19=0,05	=	0,067
Resultado final									
	C1	C2	C3	C4		Média			R.F.
Emprego 1	0,143	1	0,167	1	X	0,067	=		0,679
Emprego 2	0,857	0	0,833	0		0,616			0,321
						0,207			
						0,11			
Totalização das entradas									
	C1	C2	C3	C4		Média			Total
C1 - Salário	1	0	0,333	1	X	0,067	=		0,2797
C2 - Oportunidade	7	1	5	5		0,616			2,6731
C3 - Localização	3	0	1	3		0,207			0,8629
C4 - Custo de vida	2	0	0,333	1		0,11			0,4378

O método AHP apresenta, no final de todos os passos, um valor numérico, resultado das análises efetuadas tendo em conta os critérios estabelecidos, indicando desta forma possibilidades de tomada de decisão.

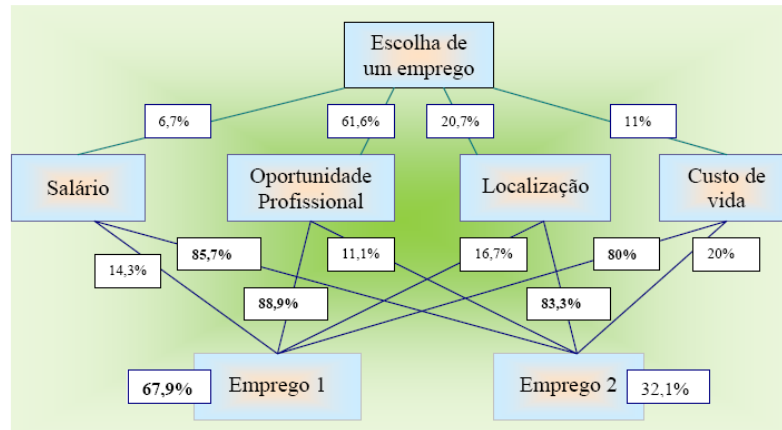


Figura 8 - Escolha mais acertada sobre os dois empregos (retirado de João e Pereira, 2006)

Além método supracitado AHP, o ELECTRE (*Elimination Et Choix Traduisant la Réalité*) e o PROMÉTHÉE (*Preference Raking Organization Method for Enrichment Evaluation*) são amplamente utilizados como métodos de classificação.

O ELECTRE, de origem francesa, aplica-se principalmente, no tratamento de alternativas discretas avaliadas qualitativamente para uma ordenação parcial das mesmas. Com a utilização deste método pretende-se enunciar um subconjunto de alternativas, no qual as alternativas que fazem parte desse subconjunto sobre classificam as que não fazem parte. Ou seja, procura-se diminuir a importância das alternativas explorando o conceito de dominância de umas sobre as outras (Figueira *et al.*, 2005; Brans e Mareschal, 2005). Para a utilização do ELECTRE necessita-se da aplicação de dois índices: índice de concordância e índice de discordância. Tal como o nome indica a relação de concordância é obtida através da medição das vantagens de cada alternativa em comparação com as outras restantes. Por outro lado, o índice de discordância averigua a relativa desvantagem das alternativas apresentadas. Segundo Almeida (2011) a aplicação do método ELECTRE realiza-se em dois momentos. Através da comparação par a par estabelece-se a relação de sobreclassificação sobre as variáveis intervenientes. E por fim, analisando a relação de sobreclassificação aplica-se o procedimento para

solucionar o problema em função da real necessidade. O método ELECTRE, através da sua extensa utilização, foi alterado e subdividido em seis possíveis utilizações:

- ELECTRE I – problemática de escolha, critério verdadeiro;
- ELECTRE IS – problemática de escolha, pseudo-critério;
- ELECTRE II – problemática de ordenação, critério verdadeiro;
- ELECTRE III – problemática de ordenação, pseudo-critério;
- ELECTRE IV – problemática de ordenação pseudo-critério sem utilização de pesos para os critérios analisados;
- ELECTRE TRI – problemática de classificação, pseudo critério.

O método ELECTRE assenta a sua utilização em relações de superações e, segundo Figueira *et al.* (2005), é indicado para situações em que o decisor terá de avaliar as alternativas existentes em pelo menos três critérios, sendo que estes serão difíceis de agregar em uma única escala comum. Um fator a salientar na utilização deste método é que o mau desempenho de um critério de avaliação não é compensado pelo desempenho exemplar num outro. Ou seja, o simples facto que um critério, utilizado numa possível seleção, apresente características muito boas não irá colmatar as características menos boas de um outro

Tal como o ELECTRE, o PROMÉTHÉE, proveniente da escola francesa reside o seu foco nas limitações da objetividade do decisor, sendo fundamental analisar a função preferência, sobre determinados critérios, de modo a que este seja aplicado corretamente.

A primeira referência ao método PROMÉTHÉE surge por Brans em 1984 (Brans e Mareschal 2002) como sendo um método para encontrar uma relação de superação tendo em conta os critérios propostos, desenvolvendo-se em duas fases: 1) Construção da relação de prevalência; 2) Exploração da relação de prevalência. Na primeira fase é necessário comparar todos os pares de alternativas agregando os desempenhos segundo os vários critérios numa relação de prevalência difusa. Na segunda fase, explora-se a relação de prevalência com vista a obter uma ordenação das alternativas possíveis, ou seja, uma pré-ordem com possibilidade de incomparabilidade entre alternativas (Dias, 1995). A utilização desta metodologia possibilita a consideração sobre os limites de preferência e de indiferença, de acordo com a função de preferência agregada na

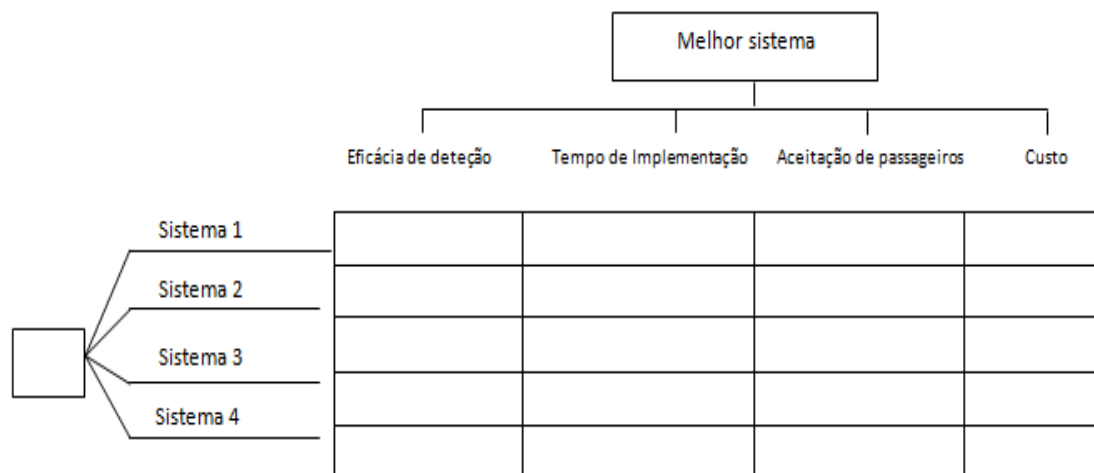
representação de cada um dos critérios. Tal como no ELECTRE a utilização do PROMÉTHÉE, por diversos investigadores, conduziu a alternativas/modificações ao método originalmente elaborado, como por exemplo:

- PROMETHÉE I – pré ordem parcial, problemática de escolha;
- PROMETHÉE II – pré-ordem completa, problemática de ordenação;
- PROMETHÉE III – pré-ordem completa, com amplificação da noção de indiferença;
- PROMETHÉE IV – pré-ordem completa ou parcial, conjunto contínuo de soluções;
- PROMETHÉE V – pré-ordem completa, com restrições de segmentos;
- PROMETHÉE VI – pré-ordem completa ou parcial, graus de dificuldades em pesos.

Os métodos da escola francesa, entre os quais os supracitados e expostos, AHP ELECTREE e PROMÉTHÉE, entre outros, destacam-se pela sua riqueza de resultados, porém esta riqueza não é garante, por si só, de fiabilidade. São métodos que necessitam de muita informação, coerente por parte do decisor, porventura mais informação até do que aquela que ele estaria disponível a fornecer sem que se sinta hesitante (Dias, 1995). Os métodos de prevalência/dominância sacrificam alguma operacionalidade para não apresentarem um resultado mais “firme” do que aquele que o decisor pode aceitar com segurança. Apesar de admitirem o conceito de incomparabilidade, ou seja admitem que determinados critérios não podem ser comparados, são métodos que diferem entre si na estruturação do problema, e a partir deste início, na forma como estabelecem as ações e diferentes pesos para os critérios intervenientes.

A necessidade de utilização de MCDA deve-se à imposição de uma avaliação correta e precisa sobre fornecedores tendo em conta diversos critérios de avaliação. Porém os vários métodos apresentados nesta secção, os quais têm aplicação em diversos sectores de atividade, necessitam de comparações par a par ou um profundo conhecimento sobre a forma de aplicação dos mesmos métodos. No entanto se a aplicação de diversos critérios fosse possível de uma maneira mais intuitiva tornar-se-ia mais simples e de fácil utilização para o agente de decisão. A pesquisa bibliográfica possibilitou a descoberta de uma forma mais simples de utilizar diversos critérios (Chen *et al.*, 2011). A presença de um problema multicritério com utilização de uma função aditiva simples

traduz-se num valor global, ou seja, cada um dos critérios em causa representa um determinado peso e com utilização de funções maximizantes ou minimizantes é possível definir uma escala de avaliação para cada um dos fornecedores ou intervenientes num processo de escolha. A utilização das funções aditivas simples permitem incluir, nas árvores de decisão, a consideração de vários critérios de avaliação das alternativas.



**Figura 9 - Uma decisão entre 5 sistemas diferentes considerando 4 critérios**

A Figura 9 apresenta um exemplo de uma árvore de decisão para a seleção de um sistema, entre quatro possíveis, tendo em consideração quatro critérios de escolha:

- Eficácia de deteção;
- Tempo de implementação;
- Aceitação de passageiros;
- Custo.

Sendo a cada um destes critérios atribuído um peso alcança-se analiticamente o resultado do melhor sistema dos cinco em consideração (Tereso, 2011).

O método utilizado para resolver este problema é denominado por Método Aditivo Simples (Tereso, 2011) é um método de vasta utilização onde a pontuação final obtida é o resultado de soma ponderada dos vários critérios, utilizando-se para tal uma escala numérica comum. Desta forma a fórmula de cálculo geral para este método é:

$$V_i = \sum_{j=1}^n w_j r_{ij}$$

- $V_i$  –Pontuação global para a opção i;
- $w_j$  –Ponderação do critério j;
- $r_{ij}$  –Pontuação para a opção i no critério j.

A construção de escala para comparação dos critérios em causa será utilizada para realizar a soma ponderada da fórmula supracitada.

Um exemplo da utilização deste método é a criação de um novo modelo automóvel onde é possível a escolha entre uma de três opções e cinco critérios de seleção, Tabela 7:

**Tabela 7- Criação de um novo modelo automóvel**

<b>Opção</b>	<b>Custo (€)</b>	<b>Segurança (0-10)</b>	<b>Estética (0-10)</b>	<b>Peso (kg)</b>	<b>Fiabilidade (%)</b>
Modelo 1	18000	9	8	970	95
Modelo 2	11000	8	4	720	80
Modelo 3	15000	7	6	600	88

**Tabela 8 - Critérios de escolha e ponderação**

<b>Critério</b>	<b>Ponderação</b>
Custo	0,25
Segurança	0,20
Estética	0,25
Peso	0,10
Fiabilidade	0,20

Através da avaliação dos diversos fatores o agente de decisão necessitou de distinguir quais os critérios que pretendia maximizar (por exemplo, a fiabilidade do automóvel), e quais os que pretendia minimizar (por exemplo o custo do automóvel), Tabela 8.

Para as várias alternativas serem comparadas é necessário converter os diferentes valores, para os vários critérios, numa escala comum, por exemplo numa escala de 0 e 10. Nessa conversão usam-se as fórmulas (1) ou (2) conforme o objetivo seja maximizar o critério ou minimizar o critério, respetivamente. Foi necessário ao agente de decisão comparar os cinco critérios de decisão entre si e construir igualmente uma escala de

valores que lhe permitisse identificar, de igual forma, os cinco critérios em avaliação, Tabela 8. Dessa forma, por exemplo realizou a transformação para o critério de peso, tentando alcançar o automóvel mais leve, ou seja um mínimo de peso dentro do aceitável (500 – 1000 Kg):

$$(1)V (\textit{Objetivo} = \textit{Máx}) = \frac{(x - \textit{Min})}{(\textit{Máx} - \textit{Min})}$$

$$(2)V (\textit{Objetivo} = \textit{Min}) = \frac{(\textit{Máx} - X)}{(\textit{Máx} - \textit{Min})}$$

**Tabela 9 - Valor dos critérios convertidos na escala 0 – 10.**

	<b>Valor</b>	<b>Escala 0-10</b>
Mínimo	500	0
Modelo 1	970	0,6
Modelo 2	720	5,6
Modelo 3	600	8
Máximo	1000	10

Através desta escala de valores, Tabela 9, constata-se que o melhor automóvel, em termos de peso, seria o modelo 3 devido ao valor de 8 unidades. No entanto este é apenas um critério havendo necessidade de realizar as mesmas cogitações para os quatro restantes.

Após a obtenção destes valores é apenas necessário aplicar a fórmula do método aditivo simples, onde o melhor modelo obterá a pontuação mais elevada.

**Tabela 10 - Método aditivo simples escolha do automóvel**

<b>Opção</b>	<b>Custo</b>	<b>Segurança</b>	<b>Estética</b>	<b>Peso</b>	<b>Fiabilidade</b>	<b>Total</b>
<b>Modelo 1</b>	2	9	8	0,6	9	6,16
<b>Modelo 2</b>	9	8	4	5,6	6	<b>6,61</b>
<b>Modelo 3</b>	5	7	6	8	7,6	6,47

Neste caso, e após aplicação deste método, Tabela 10, o modelo aconselhável seria o modelo 2.

## 2.4 Casos de aplicação

Os problemas podem ser divididos em função da escolha (quando a escolha recai sobre um conjunto de alternativas) em função da classificação (por exemplo aceitável, possivelmente aceitável mas necessita de mais informação, definitivamente inaceitável) ou em função do ranking de preferências por parte do agente decisor. No entanto a globalização forçou a que as empresas se tornem cada vez mais eficazes o que conduz a uma maior competitividade entre os diversos intervenientes. Neste caso, a redução de custos torna-se fundamental para alcançar patamares ainda mais competitivos.

A necessidade de uma empresa ter stock dentro das suas instalações provocará à empresa empate de capital financeiro, porém poderá assegurar mais eficazmente a entrega de produtos que ela mesma comercializa. A quantidade de stock que cada empresa deverá possuir é alvo de diversas investigações nos mais diversos setores de atividade. Deste modo alcançar uma não rotura de stock induz a que a empresa tenha custos na sua manutenção, mas não tem desta forma de rejeitar encomendas por parte dos seus clientes. Portanto alcançar uma relação entre quantidade encomendada com o intervalo de tempo entre encomendas satisfação da procura e tempo de reposição de stock torna-se fundamental.

Rodrigues (2010) identificou várias técnicas de análise de stock em função de um mercado retalhista com baixa rotatividade de stock. O autor expõe diferentes formas de gestão de stocks em função das necessidades e interesses de cada empresa, Figura 10, e ainda faz alusão à quantidade ótima a encomendar em função do tempo necessário para a reposição em caso de rotura e da evolução da taxa de procura.

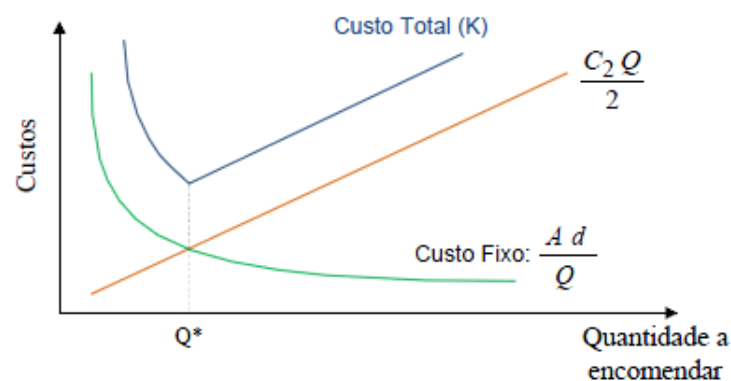
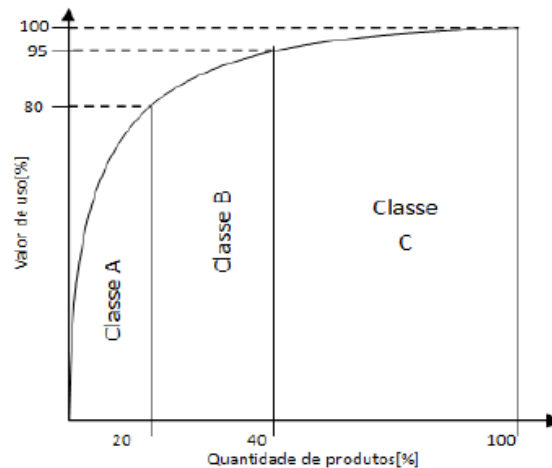


Figura 10- Relação entre Quantidade Económica e diferentes Custos na Gestão de Stocks (retirado de Rodrigues, 2010)



Embora seja importante não rejeitar encomendas de clientes, é ainda mais importante para qualquer empresa não rejeitar encomendas dos artigos que são mais vendidos.

O autor (Rodrigues, 2010) realizou uma análise ABC dos produtos que são mais vendidos (Figura 11).



**Figura 11 - Curva ABC dos produtos vendidos (retirado de Rodrigues, 2010)**

Estas informações permitiam calcular qual a quantidade ótima a encomendar pelo menos para os produtos pertencentes ao grupo C, que têm uma percentagem de saída na ordem dos 60%.

Embora todas as informações apresentadas por Rodrigues (2010) existem necessidades e/ou mercados em que as reais carências de determinados produtos são muito difíceis de obter, tendo por base um relativo conhecimento da procura. O autor, devido à falta de dados ou até mesmo, uma grande volatilidade das possíveis compras, enuncia a aplicação de modelos estocásticos.

- Revisão Cíclica – neste tipo de modelo de reposição de stocks, as encomendas são colocadas com intervalos de tempo fixo e com quantidades a encomendar que embora podendo ser variáveis, objetivam alcançar o valor máximo de stock. Neste modelo de reposição de stock pode ainda acontecer roturas no stock devido ao tempo de reposição de stocks ser desconhecido pois depende diretamente da capacidade do fornecedor repor as encomendas em tempo útil;
- Nível de encomenda – esta forma de controlo de stock aplica-se através de um valor mínimo de stock existente e sobre o qual, aquando do alcance desse patamar, encontra-se pré-estabelecido uma quantidade fixa a encomendar ao fornecedor.

Porém, e tal como o modelo de revisão cíclica, existe o perigo de rotura de stock de produtos;

- Política mista – tal como a sua denominação indica representa uma junção entre os dois modelos anteriores. Com esta forma de gestão apresenta-se a necessidade de realizar periodicamente avaliações ao nível de stock existente em intervalos fixos e sempre que o stock descer abaixo de um nível mínimo é colocada ao(s) fornecedor(es) uma quantidade variável de produto a encomendar. No entanto, se nas revisões periódicas do stock o mesmo não baixar do nível mínimo pré-estabelecido não são colocadas novas encomendas.

Na perspetiva de otimização de stocks o custo será o mínimo mas para tal é necessário um equilíbrio entre a quantidade a encomendar e o momento de encomenda. No entanto o tempo de reposição dos produtos<sup>2</sup> é crucial para qualquer empresa. Por outro lado, a existência de um nível considerável de stock também permite diminuir as horas improdutivas.

Conjugar os mais diversos critérios para o momento de aquisição, seleção de fornecedores, e analisar as características de cada um requer a utilização de uma metodologia que englobe diversos aspetos e que permita a utilização de variáveis distintas. Na revisão bibliográfica enunciou-se a utilização de árvores de decisão como um método de auxílio à decisão.

É possível utilizar árvores de decisão em situações do dia a dia, como a decisão de levar ou não um guarda-chuva, tendo em conta o risco de chover, ou como supracitado num processo de escolha de investimentos financeiros, tendo em conta o risco associado aos próprios investimentos. Num contexto empresarial, são inúmeras as situações que englobam risco, que podem portanto beneficiar destes modelos para tomar decisões mais conscientes, como decisões de investimento, reestruturação, etc., mas é também possível utilizar estes modelos em muitas outras áreas, como a medicina, por exemplo. Apresenta-se de seguida, Figura 12, a utilização de uma árvore de decisão para a selecção do tipo de operação que se pode fazer à anca de um paciente, tendo em conta as características do problema específico.

---

<sup>2</sup> Tempo de reposição de produtos consiste no intervalo de tempo entre a realização da encomenda ao fornecedor e a receção dos produtos pela empresa que realizou a encomenda.

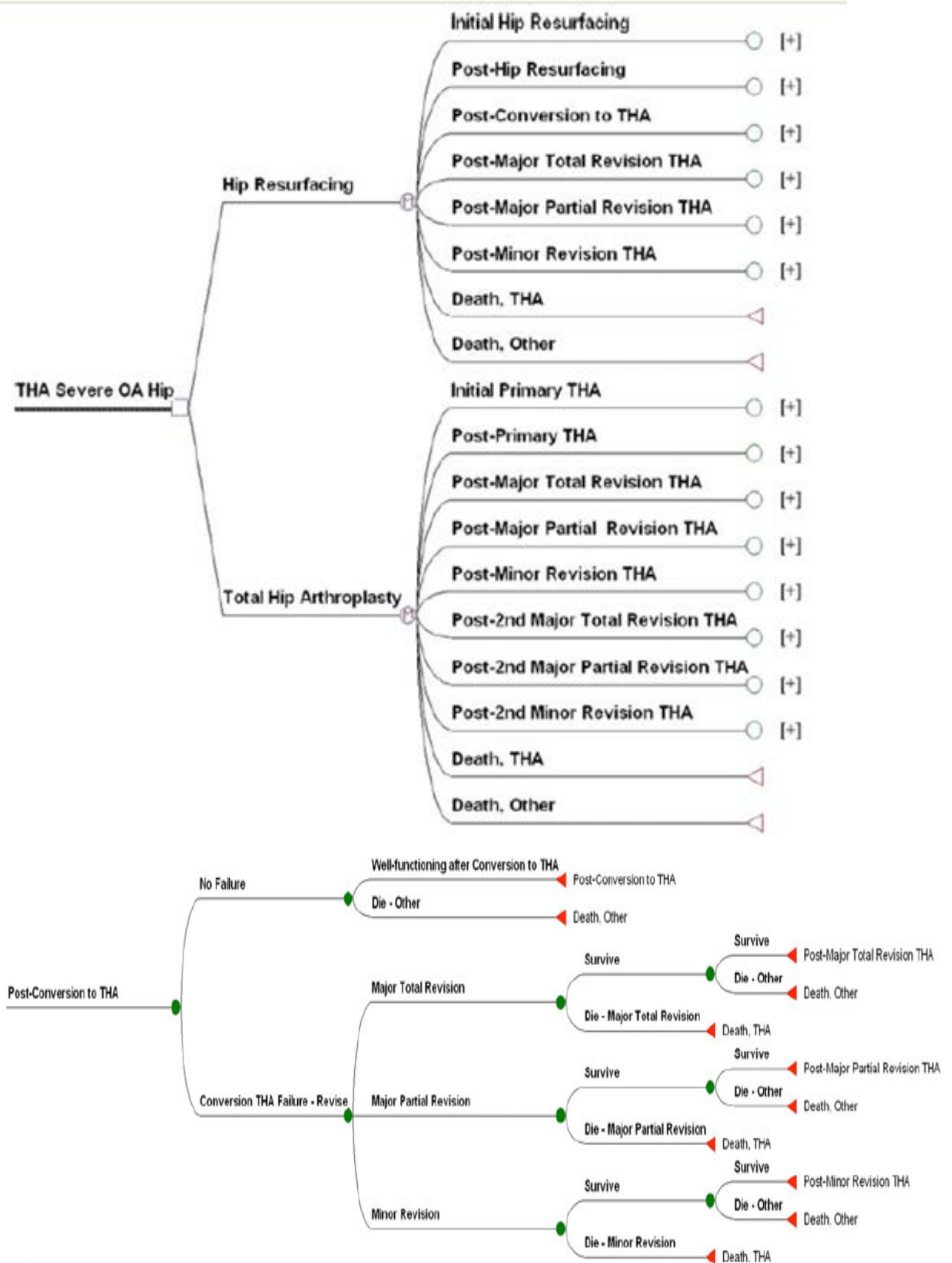


Figura 12 - Modelo de decisão sobre operação às ancas (retirado de Bozic *et al.*, 2010)

Bozic *et al.* (2010) decidiu analisar e implementar um método auxiliar à decisão de escolha sobre artroplastia das ancas, comparando uma artroplastia total com uma possível utilização de componentes metais para reconstrução dos ossos da ancas dos pacientes.

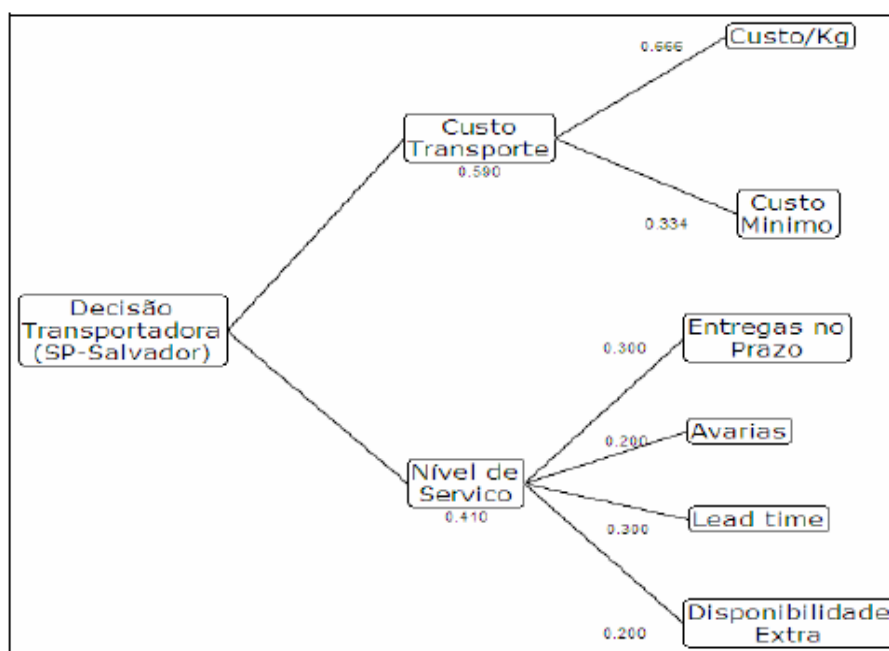
As pesquisas efectuadas pelos autores permitiram, com auxílio das árvores de decisão parcialmente apresentadas no estudo de Bozic *et al.* (2010) e na Figura 12, indicar que em homens e mulheres mais jovens seria mais vantajoso realizar a reconstrução das ancas através da utilização dos componentes de metal em vez da reposição total da anca. Em casos diferentes, os pacientes devem ser alvo de estudo para determinar com maior exactidão o melhor procedimento que permitirá uma melhor qualidade de vida e economia de recursos por parte do serviço de saúde.

A enorme abrangência das árvores de decisão, tornam esta forma de modelação e auxílio à decisão, uma ferramenta bastante interessante para a resolução de vários problemas.

Prado *et al.* (2009) elaborou o artigo intitulado “*Seleccção de fornecedores de transporte utilizando análise de decisão multicritério*”. O artigo elaborado tinha como objectivo a escolha de um transportador para um trajecto entre São Paulo e Salvador que realizasse transporte com condições de qualidade e velocidade capazes de abastecer supermercados com bens rapidamente perecíveis. Os autores escolheram seis critérios de decisão em função dos custos (custo/kg e custo mínimo) e do nível de serviço (entregas atempadas, *lead-time*, avarias e disponibilidade extra), a serem analisados e avaliados:

- Custo unitário;
- Frete mínimo, ou seja, valor mínimo a pagar pelo aluguer ou requisição de transporte;
- Entregas atempadas, dentro do prazo estabelecido;
- Avarias;
- Lead-time;
- Disponibilidade.

Foram depois atribuídos pesos de importância aos critérios e subcritérios, tal como está presente na estrutura hierárquica da Figura 13.



**Figura 13 - Estrutura hierárquica relativa ao problema da transportadora (Prado *et al.*, 2009)**

Após a inclusão dos vários critérios foi necessário definir uma escala de valores que equiparasse todos os possíveis transportadores. Desta forma os autores definiram e estruturaram hierarquicamente o seu problema de decisão com base em dois critérios:

- 1) Custo de transporte, com 59% de possibilidade;
- 2) Nível de serviço, com os restantes 41%.

Os autores decidiram ainda, de modo a melhor estruturar a sua hiérarquia, adicionar aos dois critérios iniciais mais sub-critérios. Para o primeiro critério “Custo de Transporte” foi tido em conta o custo/kg, representando 66,6% da probabilidade de decisão neste elemento; e o custo mínimo com 33,4% sobre a probabilidade de escolha. Tendo em consideração mais dois sub-critérios o agente de decisão poderá aferir com maior exactidão. Porém Prado *et al.* (2009) incrementou ainda mais quatro sub-critérios sobre o segundo critério “Nível de serviço” a) entregas no prazo, atribuindo o peso de 30% de probabilidade; b) avarias inputadas sobre o transportador, imputando o peso 20%; c) lead time programado e alcançado para a entrega, com o peso de 30%; d) disponibilidade extra em função de outras cargas ou aumento à carga inicial, atribuindo o peso 20%. O facto dos autores considerarem todos estes critérios tornou o modelo

criado mais exato calculando analiticamente os transportadores que ofereciam o melhor serviço.

Facilmente constata-se que são diversos os itens a serem comparados. Esta necessidade de comparação conduziu os autores a decidirem utilizar análise de decisão multicritério – MCDA. Os autores defendem a utilização desta técnica de análise pois, segundo eles, permite realizar análises rigorosas, formais e estruturadas de uma decisão com múltiplos critérios e num ambiente em constante alteração.

Casos em que a escolha tem significativa importância nas empresas, em que os impactos são de longo prazo, que podem afectar muitas pessoas, e os erros cometidos além de serem prejudiciais à empresa não podem ser facilmente remediados, representam circunstâncias ideais para a utilização de MCDA.

A utilização de MCDA tem de seguir alguns pressupostos. A identificação e estruturação do problema, a construção, uso do modelo construído e o desenvolvimento de planos de acção são os três passos que foram desenvolvidos pelos autores, sendo estes amplamente utilizados, mesmo que de forma automática, por

Degraeve e Roodhooft (2000) utilizaram o TCO numa empresa multinacional denominada USINOR, uma empresa europeia produtora de aços, como um método auxiliar para a seleção de fornecedores a realizar aquisições de M.P. e redução de custos na empresa, com especial atenção no departamento das compras. Os autores afirmaram ainda que o TCO iria avaliar todos os custos e benefícios da sua utilização e asseguraram também que nem sempre o fornecedor que apresenta o preço de produto/serviço mais reduzido significa ser o escolhido, apenas por apresentar o valor de produto/serviço mais reduzido. É necessário avaliar todos os procedimentos e processos envolventes no ato de aquisição a determinado fornecedor. A utilização do *action-research* em função da aplicação do TCO, na Usinor, conduziu inicialmente os investigadores para reuniões com o departamento de compras da empresa, e sobretudo com o diretor de compras. As primeiras reuniões foram utilizadas para explicar que tipo de investigação iria ser realizada e a importância que a mesma poderia ter para a empresa. De forma individualizada reuniram-se com os respetivos intervenientes para entenderem de forma aprofundada os procedimentos que já existiam na empresa. Após as entrevistas iniciais, os investigadores, construíram a matriz do TCO, Figura 14, onde se identificaram os elementos mais importantes em cada grupo pré-definido. Por

exemplo, na avaliação do nível de encomenda de produtos, no momento de recepção é necessário avaliar o custo de aquisição de determinada quantidade de produtos para testes e os custos com os testes de qualidade a serem executados.

		Aquisição	Recepção	Posse/Stock	Utilização	Eliminação	Custo total
Nível do fornecedor Zi	Custo monetário						slc
	Não custo monetário	Custo de cotação					
		Custo do contrato					
		Custo de seguimento					
		Custo de mudança					
Nível do produto Ykij	Custo monetário		Custo de transporte		Custo de reposição		plc
	Não custo monetário		Custo de recepção		Custo com formação		
			Custo de faturação		Custos de adaptação		
			Custo de litígio				
Nível da encomenda Yjik	Custo monetário						olc
	Não custo monetário	Custo de encomenda					
Nível de ordem do produto Yjik	Custo monetário						polc
	Não custo monetário		Custos com testes de quantidade Custos com testes de qualidade				
Nível da unidade Xijk (Vijk)	Custo monetário	Preço e descontos			Eficiência intrínseca	Valorização dos desperdícios	ulc = aulc + purc + invc - ver
		Evolução dos preços					
		Atraso nos pagamentos					
	Não custo monetário	Custo do serviço		Custo de inventário	Custo na falha de produção		
		Custo de avaliação de produtos			Custo na falha no produto		
					Custo de manutenção		
					Custo de instalação		
					Custo no controlo de qualidade		

Figura 14 - Matriz TCO para a Usinor (adaptada de Degraeve e Roodhooft,2000)

A fase inicial de investigação conduziu à identificação clara de três grupos a serem avaliados na Usinor. O primeiro grupo correspondente à primeira coluna da Figura 14, que indica o custo do ciclo de vida sobre o produto/serviço adquirido/utilizado na Usinor, desde o processo inicial até a sua extinção, onde são avaliados:

- Custos de aquisição;
- Custos com a recepção;
- Custos de posse;
- Custos de utilização;

- Custos de eliminação.

O custo de aquisição remete para todos os custos inerentes anteriores à receção do produto/serviço, ou seja, a negociação, assinatura de contractos e avaliar os fornecedores tendo em consideração os preços e descontos de cada um deles, entre outros. O custo de receção, sendo estes custos relacionados com os equipamentos e colaboradores que se tem de alocar para esta ação, e respetiva análise do material rececionado, bem como o processamento das faturas e posteriores pagamentos. Custo de posse, poderá ser entendido, de forma mais usual, como o custo com o stock, pois não é mais que o custo que a empresa tem desde o momento em que receciona o produto/serviço e o real momento da sua utilização. Para este custo a literatura apresenta diversos estudos e formas de avaliação pelo que os investigadores remeteram os agentes decisores da Usinor para uma investigação interna das quantidades necessárias para obterem um ponto de equilíbrio entre as diversas variáveis. O custo de utilização, remete para a avaliação das operações efetuadas com os produtos/serviços rececionados. Exemplos destes custos são os custos com a falha em termos de qualidade de algum produto, ou os custos com formação para utilização de um novo serviço, entre outros. Os custos com a eliminação, são os custos que as empresas incorrem para se libertarem de desperdícios produtivos ou material não conforme após a sua produção.

O segundo grupo avaliado corresponde à estratégia a definir para selecionar o fornecedor mais adequado tendo em conta os diferentes produtos a serem adquiridos bem como os diferentes períodos de aquisição. Para uma mais correta avaliação os investigadores definiram cinco estados de avaliação:

1. Atividade ao nível dos fornecedores – apenas quando determinado fornecedor é utilizado diversas vezes, e a sua performance não é afetada pelos diferentes produtos exigidos. Exemplos dos custos associados a este nível avaliativo são os custos com auditorias de qualidade e custos derivados das negociações mantidas.
2. Atividade e custos ao nível do produto – estes custos estão particularmente associados aos custos inerentes entre a procura sobre um determinado produto em um determinado fornecedor, sem ter em consideração o número de encomendas efetuadas bem como o número de unidades adquiridas. Um exemplo claro dos custos que podem ser imputados a este nível são os custos de



formação dos colaboradores para a utilização de um determinado produto/serviço disponibilizado pelo fornecedor em causa.

3. Atividade e custos ao nível da ordem de encomenda – associados aos custos da realização repetitiva de uma nova encomenda. Não são custos associados às quantidades nem à diferenciação, mas são sim custos associados, por exemplo, ao momento de receção, ao tratamento das faturas e até mesmo aos custos com os transportes.
4. Atividades e custos ao nível de produto e ordem de compra – são os custos inerentes à encomenda, em si, de um determinado produto/serviço a um fornecedor em particular. Exemplos destes custos são os custos sobre um produto adquirido para testes bem como os necessários procedimentos de avaliação de qualidade sobre o bem adquirido.
5. Atividades e custos associados ao nível do produto – custos associados a um determinado produto específico incluído numa ordem de compra particular, que poderá resultar, pela sua falha em custos adicionais para a empresa, como por exemplos custos adicionais ao tempo de início de produção de um produto encomendado.

O terceiro e último grupo avaliado pelos investigadores refere-se a uma subdivisão sobre os dados apresentados nas linhas da Figura 14. Ou seja, são diferenciados dois tipos de recursos que a generalidade das empresas poderá, ou não, ter a seu cargo. Neste caso a distinção é sobre os recursos flexíveis ou variáveis e os recursos assumidos ou fixos. Quando, em função de necessidades externas ou oportunidades de mercado são adquiridos mais produtos as empresas deveram apenas recrutar em dados momentos, o que se revela em custos flexíveis que a empresa compradora necessita deles a determinado momento. Os recursos fixos são recursos que a empresa ainda antes da chegada dos produtos tem ao seu dispor e neste caso este tipo de recursos é um custo quer tenham laboração ou não. Um exemplo deste tipo de recursos fixos são os colaboradores ou até mesmo os edifícios.

Após a avaliação destes três grupos os investigadores previam a redução nos custos sobre as compras efetuadas e uma mudança no paradigma das aquisições na Usinor. Porém depararam-se com restrições à aplicação do método em função da capacidade negocial e capital disponível para investimentos. Foi necessário, e tal como supracitado nesta mesma seção, averiguar sobre qual política de stock seria a melhor. Investir num

stock máximo ou tentar uma maior rotatividade de stock, incorrendo em riscos de rotura por situações externas á própria empresa, aplicando política de stock mínimo e/ou stock de segurança. Outra restrição foi quanto ao número de fornecedores, e a questão recaiu sobre qual seria o mínimo aceitável de fornecedores ou se em oposição se tentaria utilizar o máximo possível de fornecedores alcançando com essa política uma enorme panóplia de dados a serem utilizados aquando do momento de aquisição. Uma terceira restrição, colocada pelos diretores de compras, por exemplo, e diretamente ligada com a capacidade financeira e de stock da empresa, é sobre as quantidades a adquirir uma vez que aquisições em grandes quantidades significam descontos de quantidade que poderiam significar uma poupança para a própria empresa. Ou até mesmo se a escolha de um determinado fornecedor é limitativa da política de aquisições da empresa, se por exemplo esse fornecedor escolhido não conseguir corresponder na totalidade de exigências da empresa compradora.

Ou seja, os critérios de avaliação que foram tidos em conta foram diversos e diversificados pelo que, e de uma forma resumida, os investigadores após a possível utilização do TCO em apenas sete produtos da Usinor anteviram o dados apresentados na Figura 15.

	PG 1	PG 2	PG 3	PG 4	PG 5	PG 6	PG 7
<b>Valor atual do TCO em \$</b>	200.000,00	1.200.000,00	2.400.000,00	2.500.000,00	22.500.000,00	500.000,00	250.000,00
<b>Possível redução com o TCO</b>	16%	14%	9%	6%	12%	6%	10%
<b>Implicações da estratégia</b>	Menos fornecedores	Mais fornecedores	Mais fornecedores	Menos fornecedores	Menos fornecedores	Quota de mercado	Mais fornecedores
	Quota de mercado	Quota de mercado	Quota de mercado	Quota de mercado	Quota de mercado		Quota de mercado
	Ordem de compra mais frequente				Ordem de compra menos frequente		
<b>Elementos de maior custo</b>	Custos ao nível de fornecedor	Custos ao nível de fornecedor	Custos ao nível de fornecedor	Custos ao nível de fornecedor	Custos ao nível de fornecedor	Preço	Custos ao nível de fornecedor
	Preço	Preço	Preço	Preço	Preço		Preço
	Valorização do desperdício	Custo de instalação	Eficiência intrínica	Custo de serviço	Eficiência intrínica		Eficiência intrínica
	Custo de manutenção de stock				Custo de manutenção de stock		

**Figura 15 - Possível redução de custos através da utilização do TCO**  
(adaptado de Degraeve e Roodhooft, 2000)

A Figura 15 representa de uma forma resumida o estado, aquando da investigação realizada, dos custos com os sete artigos em causa, primeira linha. A possível redução de custos através da aplicação do TCO em cada um dos grupos, segunda linha. A estratégia a ser estabelecida após a utilização do TCO, terceira linha. E ainda identifica claramente, na quarta linha, quais são, em cada um dos produtos, os itens que mais custos acarretam à empresa.

Finda a investigação os autores anunciaram uma redução de cerca 9% dos custos totais monetários na gestão de encomendas. O que levou a Usinor a aplicar esta metodologia, sendo que os diretores de compras utilizam as informações fornecidas como base negocial nos seus processos de aquisição de modo a controlar de forma efetiva os custos com cada encomenda. Porém o impacto da utilização do TCO na organização conduziu a realização de avaliação dos fornecedores através do impacto que provocam na organização da empresa e foi-lhes ainda possível, através de uma ligação renovada entre os diferentes sectores da empresa, incutir uma “mentalidade” financeira ao departamento de compras, na ótica da redução efetiva de custos, e não apenas sobre a redução do valor de aquisição.

Não obstante a necessidade de redução de custos na generalidade das empresas, é necessário correr riscos, dependendo da capacidade financeira e de critérios como qualidade, volatilidade, quantidade, prazo de entrega, prazo de pagamento entre outros. No processo de aquisição de produtos existem várias formas de atuar porém quanto mais certas o agente decisor tiver menor será o risco inerente à sua tomada de decisão. Nesta ótica, e tal como referenciado na secção anterior, o conhecimento sobre os ciclos de preços torna-se preponderante no sector do aço, sendo que a literatura nos apresenta pelo menos cinco artigos sobre as teorias de evolução dos preços e os seus ciclos Davuytan e Roberts (1994), Labys *et al.* (1998), Roberts (2002) e Cashin *et al.* (2002). Roberts (2009) refere que os fornecedores de produtos mineiros devem estar preparados para nivelar ao máximo possível o preço das suas M.P. em função das, por vezes vertiginosas, subidas de preços e até mesmo nos intervalos de tempo em que os preços descem muito. Ou seja, o investimento que devem realizar não deverá ser contabilizado como uma perda de capital mas sim como uma segurança sobre a continuidade da sua produção, tal como supracitado existe sempre os custos com os recursos fixos devendo então os mesmos serem reduzidos. O “controlo” dos preços ou até mesmo a estabilidade financeira de uma empresa pode e deve ser assegurada, segundo o autor, por um correto

aprovisionamento de stock até um período máximo de dois anos, o que na sua opinião transmitiria uma enorme salvaguarda para ultrapassar os denominados super ciclos de subida de preços.

O autor, Roberts (2009), teve acesso a dados de preços dos aços através da bolsa de metais de Londres, LME (London Metal Exchange), e conseguiu ainda acesso a dados e informações do *National Bureau of Economic Research (NBER)*, instituto de economia e pesquisa dos Estados Unidos da América, onde de forma clara se encontra presente a noção que os ciclos de preços, apesar de serem recorrentes, não apresentam uma periodicidade espetável.

O autor realiza três afirmações sobre os ciclos de preços, sendo que a primeira vai ao encontro da generalidade de opiniões de diversos investigadores, ou seja, quando se observam ciclos de alterações dos preços dos metais constata-se de forma invariável que o processo de descida de preços é mais longo que o horizonte temporal de subida. Não obstante, e através do estudo dos dados estatísticos a que teve acesso Roberts (2009) afirma igualmente que quer no momento de subida dos preços quer no momento de descida as variações e montantes monetários inflacionados são totalmente imprevisíveis. Termina o artigo não negando a existência de super ciclos de preços mas sim que sejam de difícil análise não sendo eles totalmente aleatórios

Esta última afirmação de Roberts (2009) é sustentada com patamar de crescimento económico global, que conduz a um aumento dos preços da M.P. ou contração da procura, que conduz antagonicamente à subida dos preços, sendo neste momento que as empresas deverão aumentar a sua rotatividade de stock para não terem perdas por stock excessivo.

Através das pesquisas efetuadas pelo autor no NBER, este teve acesso a um algoritmo desenvolvido para identificar, com uma taxa de erro de apenas alguns meses, os momentos de viragem de preços. Apesar do desfasamento de alguns meses, este algoritmo por si só é um enorme auxílio para todas as empresas que trabalhem com este tipo de *commodities*.

O estudo efetuado apresenta uma lacuna que é partilhada por quase todas as investigações desenvolvidas sobre este tipo de material, e o próprio autor faz alusão a

este facto. A enorme falta de dados impede um estudo aprofundado e com mais precisão sobre este tema.



### **3. DESCRIÇÃO DA EMPRESA E DO PROBLEMA**

No desenvolvimento do modelo utilizou-se o método da investigação operacional, que consiste nas seguintes fases:

- Formulação do problema;
- Construção de um modelo;
- Obtenção da solução;
- Validação do modelo e testes da solução;
- Implementação da solução.

Desta forma é necessário clarificar o melhor possível o problema em causa aferindo quais são as variáveis intervenientes bem como o objectivo final do modelo a ser construído.

O problema em causa, como já foi referido, está relacionado com o processo de aquisição de M.P. O agente de decisão será o responsável por avaliar os vários fornecedores e seleccionar um (ou mais do que um) deles. Um dos principais objetivos foi a minimização de custos. Os diferentes itens a serem considerados obrigaram a uma reflexão em termos da sua importância, bem como sobre os fornecedores e as condições que estes disponibilizam. A existência de diferentes critérios a serem ponderados e diversos fornecedores conduziu à necessidade de utilização de modelos de decisão multicritério, considerando também questões de incerteza, associadas ao processo, sendo utilizados modelos estocásticos para modelar esta componente.

Este problema, além das variáveis citadas, engloba também a escolha do momento mais adequado para a aquisição da M.P., a quantidade a adquirir, em função dos possíveis descontos de quantidade e necessidades dos clientes, a qualidade do fornecedor em causa, a sua própria localização e a evolução do mercado. Estes são apenas alguns dos diversos critérios de decisão que têm de ser considerados, para além do preço.

Apesar dos diversos critérios passíveis de avaliação, para a realização do modelo de decisão foram apenas considerados os seguintes quatro:

- Custo total;
- Prazo de entrega;
- Prazo de pagamento;
- Linha de crédito.

Uma má decisão pode significar consequências muito graves para a empresa. Deste modo, o modelo de auxílio à decisão deveria permitir determinar que tipo de decisão se deveria realizar, de modo a resultar no maior lucro possível para a empresa, ou noutra perspetiva, no menor custo possível. A correcta decisão na aquisição de M.P. permite adequar-se favoravelmente aos preços de mercados existentes, e possibilita igualmente a existência de stock que por sua vez permitirá conseguir corresponder às diferentes solicitações por parte dos vários clientes.

Neste capítulo realiza-se uma apresentação da empresa onde foi desenvolvido o projeto de investigação e explica-se o problema subjacente e os pressupostos assumidos. De seguida, apresenta-se e explica-se o modelo de decisão desenvolvido, terminando com uma discussão dos resultados obtidos.

### **3.1 Apresentação da empresa**

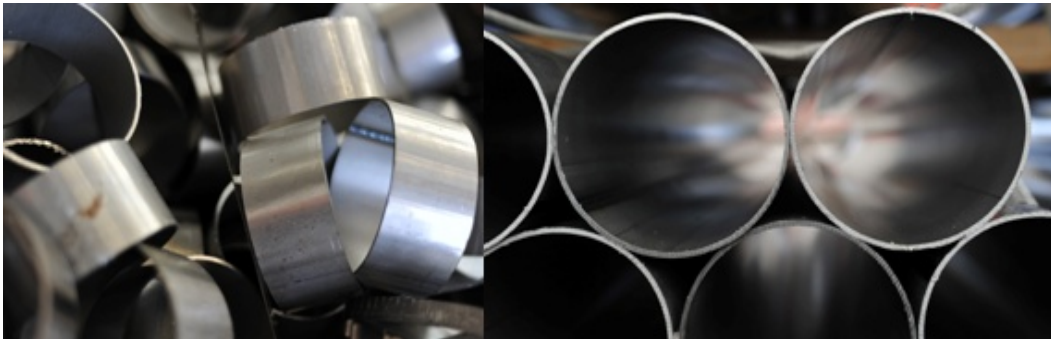
A empresa Manufacturas Mecânicas Flexus S.A. iniciou a sua actividade produtiva em 1953. Contou com cerca de 250 colaboradores nos anos 80 e 90, porém a crise industrial, a globalização (mais especificamente a mão-de-obra barata da China) e outros fatores externos conduziram a empresa a um declínio acentuado da sua importância no contexto nacional, e na sua capacidade financeira. A empresa começou por dedicar-se à produção de armações para guarda-chuvas e guarda-sóis. As constantes alterações socioeconómicas conduziram a empresa à produção em larga escala de tubos com soldadura para fornecimento nacional e internacional, sendo esta a sua principal actividade.

Apostando numa evolução sustentada, a Flexus S.A. completa a sua actividade produtiva com a possibilidade de fornecer serviços a outras empresas, como por exemplo, a possibilidade de ser um centro de serviço de corte de chapas e de bobines. A possibilidade de funcionar como um centro de serviço de corte, apesar de lucrativa, não é a atividade principal da empresa.



A M.P. da Flexus S.A. são os materiais ferrosos, ou seja, bobinas de chapa com volumes de milhares de quilogramas, sendo que por norma possuem mais de 10 toneladas cada. A empresa dedicou grande parte da sua actividade produtiva à produção de tubos com soldadura (Figura 16) através da transformação da M.P. adquirida de quatro formas distintas:

- Chapa laminada a quente negra – S235JR;
- Chapa decapada e oleada- DD11;
- Chapa laminada a frio – DC01;
- Chapa galvanizada, sendzimir – DX51D+Z200.



**Figura 16 – Tubos com soldadura**

Através de processos de transformação mecânica, as bobinas ou bandas (bobinas cortadas longitudinalmente - Figura 17), são transformadas em tubos com soldadura em todo o seu comprimento, com comprimentos standard de 6 metros, mas podendo atingir até um máximo de 12 metros.



**Figura 17 - Exemplo de bobines e bandas**

Após a produção e soldadura do tubo cilíndrico, os tubos podem ser sujeitos a novos processos de transformação mecânica deste modo originando tubos com formas diferenciadas, como por exemplo, tubos quadrados, rectangulares, ovais, hexagonais, entre outros possíveis.

Não obstante a simplicidade dos processos de transformação da M.P. este negócio obriga a avultada disponibilidade financeira, sendo estas empresas de capital intensivo.

### **3.2 O problema**

Na maioria das situações quotidianas, os gestores deparam-se com problemas que requerem uma tomada de decisão envolvendo diversas alternativas e critérios. Tal fenómeno torna o ambiente da decisão complexo e faz com que os analistas de decisão procurem ferramentas e técnicas desenvolvidas com o propósito de auxiliar no processo de tomada de decisão. É o caso dos denominados métodos multicritério de apoio à decisão (Schramm e Morais, 2006). A análise multicritério estuda formas de auxiliar o agente de decisão a tomar decisões na presença de incerteza e conflitos de interesses (Parreiras 2006).

A problemática de aquisição de M.P. é um problema repleto de critérios e formas de argumentação diferenciadas sobre que tipo de estratégia deve uma empresa utilizar. Não obstante esta problemática, a estratégia de compras deve ser entendida como um fator crucial para todas as empresas. São diversos os sectores de atividade que desenvolvem a sua atividade em função das compras. A gestão dos stocks tem várias dimensões nomeadamente estratégicas e operacionais. Na ótica financeira é relevante que as M. P. sejam adquiridas apenas quando forem necessárias de forma a reduzir os custos de posse.

A gestão dos stocks e a maximização da sua contribuição para o lucro da empresa implica uma boa seleção de fornecedores. De facto, mesmo no caso das *commodities* cada fornecedor tem as suas próprias condicionantes como o preço, os custos de produção, os custos de transporte das M.P. a quantidade mínima de encomenda a forma de pagamento, entre outros. A Flexus S.A., empresa onde foi desenvolvido este projeto de investigação, encontra-se inserida num setor intensivo em capital financeiro e efetua

a sua atividade produtiva com base em *commodities* de materiais ferrosos, geralmente assente em quatro qualidades de materiais, tal como foi explicado na secção 3.1.

Neste projeto de investigação o problema tratado centra-se na necessidade de entender qual o melhor momento de aquisição de M.P., quais as quantidades a serem adquiridas e quais os fornecedores, revela-se um fator fulcral para o desenvolvimento sustentado de qualquer empresa, assumindo uma importância ainda maior em empresas com elevados custos com M.P., como o caso da Flexus S.A.

De uma forma muito concreta a M.P. que resulta em produtos negros, com espessuras de chapa desde 1,5 milímetros a 6,0 milímetros, é utilizada invariavelmente em projetos de construção civil ou na produção por projeto, como por exemplo, a construção de navios. Em determinados períodos macroeconómicos as economias não se encontram em crescimento e como tal o setor da construção civil é afetado, e por conseguinte o fornecimento deste tipo de M.P. encontra-se em risco. Concretamente, em Portugal, no quarto trimestre de 2002 e no decorrer do ano de 2003 foi este tipo de produto o principal impulsionador do mercado de aço devido aos enormes projetos presentes no país para o Europeu de Futebol de 2004. Porém, no quarto trimestre de 2011, em função da grave crise financeira existente na Europa, com a construção civil praticamente estagnada, a chapa negra não foi comercializada pelos principais fornecedores mundiais. Desta forma a oferta teve que se ajustar à escassa procura no mercado.

De uma forma bastante diferenciada poder-se-á identificar claramente dois tipos de aquisição neste setor de atividade, com se explica nas secções 3.2.1 e 3.2.2.

### **3.2.1 Aquisição de elevadas quantidades**

A aquisição de elevadas quantidades de M.P. neste mercado pressupõe desde logo uma de duas situações:

- 1) A empresa terá capital próprio para realizar pagamento antecipado sobre as M.P.;
- 2) Abertura de uma carta de crédito.

A capacidade financeira de endividamento da empresa é condição principal para suportar estratégias de aquisições de elevadas quantidades.

Antes de realizar-se a prospeção de mercado, ao nível dos fornecedores, nomeadamente preços, entre outros critérios, é necessário realizar uma antecipação sobre a quantidade de produtos que o mercado estará disponível para absorver e a que preço. Esta análise permitirá ter uma ideia mais clara da quantidade de M.P. a adquirir, e de que tipos mais especificamente.

Com as quantidades de aquisição pré-estabelecidas o departamento de compras encetará contatos de modo a obter preços que as siderurgias praticam naquele momento de aquisição.

Neste tipo de aquisições de elevado volume, mesmo sendo aquisições sobre *commodities* em que a qualidade dos materiais é parametrizada por normas internacionais, é necessário refletir sobre a proveniência das M.P. É importante realizar esta análise pois há países fornecedores onde o regime político intervém na siderurgia forçando a alterações no pré-estabelecido entre o comprador e a siderurgia. Este facto poderá conduzir a alterações muito significativas e da maior gravidade e poderá resultar mesmo numa anulação de encomenda ou retenção dos pagamentos efetuados sem haver envio de produtos.

A instabilidade política de um país, por exemplo, é um aspeto a ter em conta. O Egipto tem siderurgias que produzem M.P. com muito boa qualidade e a preços muito competitivos, mas torna-se inviável a aquisição com pagamento antecipado e até mesmo com LC (carta de crédito) pois a instabilidade atual não garante a entrega acordada das M.P. nem a continuidade de fornecimento. A continuidade de fornecimento é muito importante pois, por vezes, por incapacidade logística dos navios as M.P. adquiridas não são enviadas num único embarque.

Não obstante a instabilidade política, no ato de aquisição, o agente decisor deverá ser perspicaz e capaz de identificar quais os países que se encontram em crescimento sustentado através da construção civil. Esses países não se encontram disponíveis para vender materiais visto que o seu mercado interno absorve a produção. Os custos de transporte deste tipo de produtos são significativos e deslocações reduzidas (para o mercado interno) aumentam a margem de comercializam e de lucros dos fornecedores.

Estes passos iniciais permitiram ao agente decisor realizar de imediato uma filtragem prévia dos possíveis fornecedores. De seguida terá de avaliar os preços praticados nas

diversas siderurgias do mundo e comparar, através de um mix de produtos, ou através de comparação direta, os diferentes fornecedores.

A política de aquisição de um mix de produtos irá permitir à empresa estar presente em vários tipos de mercado, por exemplo, na construção civil através da aquisição de produtos negro (S235JR), no sector de mobiliário através dos produtos laminados a frio (DC01) ou dos decapados (DD11), bem como, por exemplo, no setor da agricultura com a utilização dos galvanizados (DX51D+Z200). Porém se a empresa optar por volume em detrimento de margens de lucro poderá escolher entre a aquisição de determinados materiais descurando os restantes.

Após a obtenção dos preços de diversas siderurgias o departamento de compras deverá analisar em que condições o preço é proposto para os produtos, i.e. qual das duas possibilidades de venda é proposta pelo fornecedor em causa:

- Preço com colocação do material no navio CFR/FOB – em que a entidade compradora terá de suportar o seguro para os produtos, adjudicar o transporte em navio (devido às avultadas quantidades de aquisição), deverá igualmente averiguar a rota do navio de modo a determinar o tempo de transporte, e por fim a operação de desalfandegamento e transporte até à empresa.
- Preço com colocação do material no porto de destino CIF – neste caso a siderurgia compromete-se a assegurar o transporte até ao porto de destino como também encarregar-se dos custos com o seguro das M.P. Neste caso, a empresa compradora apenas terá de desalfandegar o produto e transportá-lo nas suas instalações.

A idade do navio, o porto de partida, o porto de destino, o tempo de tráfego e também a companhia que assegurará o transporte, são variáveis que interferem no custo com o seguro, alterando o preço da M.P. para a empresa compradora.

A decisão da empresa compradora em atribuir a responsabilidade da entrega no porto de destino influiu de forma considerável no prazo de entrega, pois as siderurgias procuram concentrar as encomendas no menor número de cargas. Porém, o tempo de espera poderá aumentar. Apesar do aumento do tempo de espera, o preço poderá compensar a espera, se a empresa compradora considerar que o seu stock e algumas compras de oportunidade serão suficientes para corresponderem às encomendas que possam vir a ter

até ao momento de chegada das M.P. vindas das siderurgias, geralmente a preços bastantes mais competitivos.

Não descurando a necessidade imperiosa de avaliar da forma mais aprofundada possível as capacidades de um determinado fornecedor, é vital conhecer também a real capacidade da empresa compradora.

As compras em quantidade, embora a preços substancialmente mais baixos, obrigam a empresa compradora a um esforço financeiro significativo. Numa economia em desaceleração ou contração a empresa compradora poderá ter acesso à banca mas esta irá disponibilizar crédito bancário para a LC (carta de crédito<sup>3</sup>) com juros bancários altos o que na contabilização final do preço da M.P. incrementará de sobremaneira o preço de aquisição. Porém, se a empresa compradora tiver fundos próprios para realizar este tipo de aquisições terá forçosamente de recuperar o capital investido o mais rapidamente possível, para não entrar em “estrangulamento” financeiro. Nestes casos, os materiais deverão ser rececionados, transformados e comercializados o mais rapidamente possível para gerar a liquidez necessária que reequilibre as contas.

Neste contexto, a empresa compradora tem de optar entre uma de duas possibilidades. No momento de aquisição através de LC com empréstimo bancário, em que os valores apresentados são normalmente refletidos na moeda em que se realiza a compra (geralmente em dólares), a empresa deverá decidir se fixa ou não o valor da moeda de aquisição num determinado momento. Com a fixação da moeda não se expõe tanto às volatilidades das taxas de câmbio. Com isto, pode proporcionar ganhos em determinados momentos, dado que, caso o euro esteja mais forte, a empresa terá de dispendir menos dinheiro pelas M.P. face ao que estava inicialmente previsto, ou poderá arriscar não fixando a taxa de câmbio perspectivando deste modo alterações favoráveis para o momento de pagamento.

Este tipo de aquisição garante invariavelmente, após a chegada dos materiais à empresa, uma continuidade produtiva, e o preço de compra no instante de aquisição reduzido. Porém apresenta também elevados custos financeiros e o risco do momento de chegada do produto. Pois o momento de aquisição poderá não ter coincidido com o valor mínimo

---

3 LC, carta de crédito, é um documento emitido pela entidade bancária da empresa compradora endereçado à empresa vendedora onde se encontram discriminadas todas as cláusulas de compra e venda dos materiais e produtos, como por exemplo, preço de aquisição, local de carga, local de descarga, tipo de pagamento, entre outros.

das *commodities* e aquando da sua receção, após a alocação de todos os custos, o custo final poderá estar mais elevado que o existente/comercializado no mercado nessa altura.

### 3.2.2 Aquisição em oportunidade de negócio/urgências

Neste setor de atividade existe sempre a necessidade de possuir stock de M.P. pois a reposição do mesmo nunca será inferior a dois/três dias, isto recorrendo a existências de centros de serviço<sup>4</sup>. Além da existência de stock na empresa permitir um determinado plano de produção possibilita também, se a direção comercial assim o entender, a comercialização não somente de tubos mas também a comercialização de bobines e/ou tiras que podem ser utilizadas por outros clientes para outros efeitos.

A aquisição de M.P. através de compras de grandes volumes requer um elevado capital financeiro, e por vezes as empresas não têm essa disponibilidade. Além das siderurgias que produzem e comercializam as bobines de aço, em larguras *standard* de 1000 mm, 1250 mm, 1500 mm, ou no máximo 2000, existem outros players no mercado que negociam os mesmos materiais nomeadamente:

- *Traders* - negociam preços dos materiais de diferentes fornecedores e depois vendem a diferentes clientes ganhando com isso uma comissão, ou adquirem o aço em determinados momentos e realizam a sua comercialização posteriormente;
- Relaminadores - são empresas que compram às siderurgias os materiais no seu estado mais básico (bobinas), e por sua vez por meio de transformações químicas e mecânicas alteram as propriedades das bobinas, comercializando-as depois, porém com um valor acrescentado. São exemplo destas alterações a transformação de bobinas negras para decapadas ou para galvanizadas ou para laminadas a frio, através de processos químicos e físicos.
- Centros de serviço – são pontos intermédios do processo de transformação das bobinas. Adquirem bobinas e/ou tiras de diversas proveniências, tais como siderurgias, *traders* ou relaminadores, passando a ser *traders* ou acrescentando valor ao produto que adquiriram através de alterações às características das chapas, e.g. cortes mecânicos à chapa para formatos ou para tiras.

---

<sup>4</sup> Centros de serviço são empresas dedicadas ao corte de bobinas e respetiva comercialização bem como a comercialização de bobinas por inteiro

Estes intermediários realizam negócios de elevados volumes financeiros possibilitando aos seus clientes soluções de curto prazo, sendo que estas podem por vezes representar valores de aquisição inferiores quando comparados com as siderurgias.

Para a Flexus S.A. estes três tipos de intermediários têm-se revelado fundamentais porém, e tal como nas situações de compra diretamente às siderurgias, é necessário avaliar determinados parâmetros para suportar a decisão de compra. Por vezes a diferença de preço é mínima, na ordem dos 5 €/tonelada, mas noutras porém pode facilmente chegar aos 50 €/tonelada. O agente de decisão terá que avaliar na mesma parâmetros como preço, tempo de entrega e qualidade tanto sobre a chapa adquirida, como sobre a alteração que os centros de serviço realizaram à chapa que eles próprios adquiriram.

O caso dos relaminadores é mais fácil avaliar a sua preponderância no ato de aquisição. Na generalidade das vezes eles são como as siderurgias e comercializam as mesmas larguras de bobines, porém no caso dos centros de serviço é necessário agilidade com o departamento de produção da empresa pois podem ser adquiridas tiras, em determinado momento, para a produção utilizar sendo que a mais correta data de entrega irá auxiliar os vários departamentos da empresa.

Quando existe uma encomenda que se tem de satisfazer, porém não existe stock na empresa para fornecimento ao cliente, é necessário colmatar essa lacuna. O departamento de compras tem de avaliar, antes que o departamento de produção avance para a produção da encomenda em causa, qual será o melhor fornecedor dos de centro de serviço, devido ao prazo de entrega mais célere, que permitirá suplantar a necessidade criada. Por exemplo, um determinado cliente que constrói estufas requer uma qualidade de aço com gramagem de zinco na ordem das 275 gramas/milímetro quadrado, mas a empresa apenas tem em 200 gramas/milímetro quadrado, gera-se neste momento uma urgência, que mais não é que uma aceitação ou não-aceitação de encomenda através de uma compra de urgência. Neste caso o agente decisor avaliará que tira corresponderá ao tubo que o cliente necessita e tentará encontrar juntos dos centros de serviço, pois são de todos os fornecedores aqueles que tem prazo de entrega mais curto, qual apresenta melhor preço e prazo de entrega.

Esta situação gera uma segunda dúvida, após a obtenção destas informações o agente de decisão avaliará segundo o preço apresentado se é mais rentável adquirir apenas o que



necessita ou se ele realiza nesse instante uma compra de oportunidade, em função das características da bobina e da sua própria necessidade ou expectativa de consumo futuro.

Realizar aquisições neste tipo de fornecedores poderá ter ainda mais uma vantagem. Eles comercializam os produtos apenas a empresas em que as próprias companhias de seguro asseguram a sua venda por meio de um *plafond* de crédito. Desta forma a empresa que compra usufrui de uma janela temporal, na ordem dos 45 a 90 dias, em que pode receber os materiais, vender e ser paga, antes mesmo do centro de serviço exigir o seu próprio pagamento.

Não obstante as duas possíveis formas de aquisições os ciclos de preços anuais têm-se mantido regulares e traduzem-se de uma forma bastante clara, mesmo que recorrendo a conhecimentos empíricos. Desde finais de Outubro, inícios de Novembro os preços tem tendência de descida, tendência essa que se mantém até ao final do ano, onde em determinado momento obtém-se o preço de venda mais baixo de todo ano. Com início de um novo ano até final do 1º trimestre as empresas deste sector tentam um aumento regular do preço dos seus produtos. O término do 1º semestre até o mês de Agosto é um período marcadamente de estabilidade ou ligeiras oscilações, dependendo dos resultados do 1º trimestre. Os restantes meses refletem a necessidade e política comercial de cada empresa analisada. Apenas tendo em conta estes fatores indicar-se-ia o fim de ano como o momento ideal para uma compra de maior quantidade, caso o departamento financeiro da empresa alcance capital monetário suficiente para uma compra avultada a uma siderurgia.

No nosso país não existem siderurgias que possibilitem o fornecimento deste tipo de materiais a preços competitivos. Devido a este facto a Flexus S.A. viu-se forçada a adquirir M.P. a siderurgias estrangeiras e diversas vezes até fora do continente europeu. Por inúmeras vezes a entrega tardia da M.P., pelas siderurgias, conduziu à não satisfação de encomendas realizadas pelos seus clientes, criando desta forma uma situação muito problemática tanto para o cliente como Flexus S.A.

As elevadas distâncias a percorrer pelas M.P. e, invariavelmente, as sucessivas demoras nas entregas e até mesmo quebras de contratos de entrega, colocam diversas vezes a empresa em situações de rotura de stock de M.P. Neste caso concreto, a M.P. representa

aproximadamente cerca de 80% dos custos dos produtos pelo que é muito importante comprar ao melhor preço e no melhor fornecedor.

A literatura demonstra em diversos casos que a aquisição de M.P. resultará numa avaliação de vários critérios de decisão, porém existem estudos de casos onde as aquisições de M.P. podem ser realizadas usando modelos unicritério, como por exemplo, o TCO.

## 4. O MODELO DE DECISÃO

Este tipo de produtos embora seja bastante uniforme nas diferentes economias mundiais, e representarem sempre volumes de negócios avultados em cada uma delas, elaboração de um modelo de apoio à decisão sobre aquisição de M.P. não poderá ser estanque ainda que possa ser uniforme. Com alguma regularidade surgem no mundo novos fornecedores e outros porém, que devido a várias conjunturas como crises políticas ou a instabilidade financeira do país, desaparecem em apenas alguns meses.

Todas estas volatilidades traduzem-se numa constante necessidade de ajuste dos modelos construídos e sobretudo numa melhoria de cada um. Na procura da melhor aquisição, e com os pressupostos indicados no subcapítulo anterior, o agente de decisão avaliará quatro itens dos diferentes fornecedores, os critérios de decisão:

- Preço da M.P.;
- Prazo de entrega da M.P.;
- Prazo de pagamento ao fornecedor sobre a M.P. adquirida;
- Linha de crédito que o mesmo disponibiliza.

Comparar e avaliar diferentes fornecedores, sendo que no modelo desenvolvido consideraram-se vinte e quatro fornecedores, em função do preço praticado por cada um é relativamente simples mas relacionar prazos de entrega com minimização de custos é mais complexo.

De uma forma muito breve o modelo de decisão construído, com base na análise de diferentes variáveis e nos critérios de decisão, conta inicialmente com a opinião do agente decisor sobre o estado do mercado e em conjunto com outros departamentos da empresa define-se o denominado stock ideal. Posteriormente, e como auxílio do *Precision Tree*, define-se a árvore de decisão utilizada no modelo de auxílio à decisão. Através da utilização do método aditivo simples são realizados diversos cálculos onde cada critério de decisão apresenta diferentes pesos consoante a sua importância para a empresa. Após a utilização deste método o modelo construído indica, segundo as determinações iniciais, qual ou quais fornecedores deveram ser escolhidos para realização de aquisições.

Para a elaboração da árvore de decisão do modelo é necessário determinar quais os nós de decisão existentes, bem como os nós de acaso, sendo que a consequência final é a seleção do fornecedor em causa que maximizar o valor global de cada alternativa de decisão.

**Nós de decisão** presentes no modelo:

- D 1 – Analisar o mercado;
- D 2 – Centros de serviço;
- D 3 – Fornecedor;
- D 4 – Grande Fornecedor

A estes nós de decisão estão subjacentes as seguintes ações, em função da determinação de fornecedor (f), ou seja, consequência final da elaboração de todos os cálculos no modelo, Tabela 11:

**Tabela 11 - Nós de decisão e ações resultantes**

<b>D1</b>	<b>D2</b>	<b>D3</b>	<b>D4</b>
a1: Analisar o mercado	a2: F7	a6: F1	a19: F2
	a3: F8	a7: F6	a20: F3
	a4: F11	a8: F7	a21: F5
	a5: F18	a9: F8	a22: F12
		a10: F9	a23: F13
		a11: F10	a24: F14
		a12: F11	a25: F15
		a13: F12	a26: F21
		a14: F13	a27: F23
		a15: F17	a28: F24
		a16: F18	
		a17: F20	
		a18: F 22	

Além da definição de nós de decisão é necessário definir os nós de acaso onde a incerteza está presente.

### Nós de acaso ou incerteza

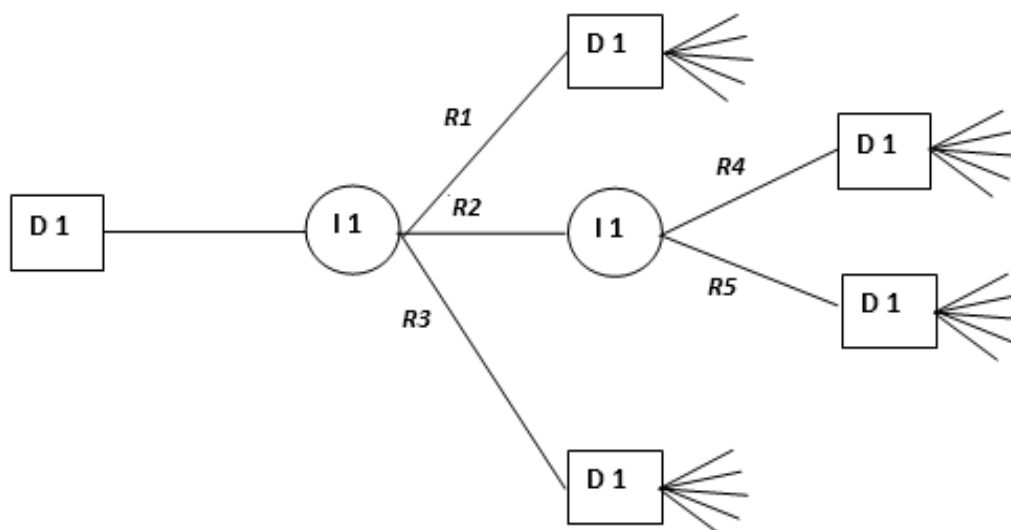
- I 1 – Posição do mercado;
- I 2 – Urgente;

Tal como os nós de decisão têm subjacente as ações a serem executadas, os nós de acaso apresentam resultados que podem ocorrer em função das incertezas:

**Tabela 12 - Indecisões e resultados**

<b>I1 : Posição do mercado</b>	<b>I2 : Urgente</b>
R1 : Mercado em Alta (Alta)	R4: Sim
R2: Mercado estagnado (Estagnado)	R5: Não
R3: Mercado em queda (Queda)	

Resumidamente a estrutura do modelo de decisão criado é a presente na Figura 18. Após a determinação do valor global dos fornecedores, com recurso aos critérios de decisão, sendo os vários fornecedores intervenientes no processo de aquisição as alternativas de decisão, o método indica de forma clara qual será a melhor decisão.



**Figura 18 - Estrutura da decisão**

## 4.1 Pressupostos e desenvolvimento do modelo

A aquisição de um produto comercializado globalmente depende de variações no preço de compra, as quais ocorrem também a um nível global. O problema da Flexus S.A., como empresa que realiza processos de transformações a *commodities*, contradiz as políticas globais de hoje em dia. A generalidade dos investigadores assume, perentoriamente, que a existência de stock é um dos maiores desperdícios de uma empresa (Alves, 2008). No entanto a incapacidade de produção devido à falta de M.P. acarreta custos inportáveis para qualquer empresa, por este facto são diversas as empresas que apostam em distintas políticas de stock.

A especulação dos produtos no mercado de aço assume um papel vital para a flutuação dos preços. Se a empresa realizar a encomenda de M.P., a um preço bastante razoável entre os preços praticados no momento determinado para aquisição, ela apresentará duas grandes vantagens em relação aos seus concorrentes:

1. Pode utilizar as M.P. para o fabrico de tubos satisfazendo assim as encomendas dos seus clientes;
2. Pode vender parte das M.P. adquiridas realizando desta forma um avultado encaixe financeiro.

A possibilidade de realizar este denominado *trading*<sup>5</sup> de bobines ou bandas representa uma oportunidade de valorização financeira das opções tomadas, sendo uma opção válida em qualquer momento. Esta escolha irá impulsionar a empresa para alcançar um maior capital financeiro, quer seja através da venda direta dos produtos, apenas adicionando margem de lucro a um produto por si adquirido, quer seja com encaixe financeiro, junto do fornecedor a quem adquiriu o produto, pois ser-lhe-á possível pagar de forma atempada ou até mesmo antecipada.

Para o desenvolvimento do modelo de apoio à tomada de decisão é necessário identificar de forma clara quais são os fatores a serem avaliados em prol da melhor decisão. Estes mesmo fatores estão relacionados com as diferentes características de cada um dos fornecedores em causa, ou seja as alternativas de decisão, sendo necessário avaliar fatores internos e externos de cada um, tal como:

---

<sup>5</sup>Trading é a ação efetuada pelos traders que são empresários cuja atividade económica é exclusivamente compra e venda de ações ou commodities.

- O estado do mercado – num mercado global em que as *commodities* são transacionadas por diversos intervenientes os mesmos são interpretes das volatilidades dos preços preconizando mercados com preços em clara subida, mercados em clara estagnação no preços das *commodities* e, durante algum tempo, os aguardados ciclos de queda de preços. Embora existam períodos mais ou menos estáveis de subida de preço das M.P. que se repetem anualmente, existem, e tal como a própria literatura comprova, ciclos mais longos de descida de preço (Jerret e Cuddington, 2008);
- Economias emergentes – por vezes fornecedores que se encontram em regiões do globo, como por exemplo o Brasil com uma economia emergente, tendem a não considerar clientes de outros países pois a economia do seu próprio país é capaz de absorver toda a sua produção e gerar margens de lucro superiores às vendas para países diferentes, o que por si só acarreta custos de transporte;
- Preço das M.P. – sendo este o primeiro dos quatro critérios de decisão, cada fornecedor, embora tenha informações sobre o estado do mercado, apresenta diferentes preços de venda sobre os seus produtos devido a diversas variáveis, como por exemplo, os seus próprios custos de produção, venda dos seus produtos com seguro e transporte incluído, a sua localização que obrigará a um custo acrescido sobre os produtos transportados, apresentação do preço com entrega no local que a empresa compradora determina ou com os produtos na localização para posterior transporte, quer através de camião ou de navio ou a inclusão de ambos transportes, entre outros;
- Necessidades dos clientes da empresa – de modo a aferir as quantidades e qualidades de M.P. a serem adquiridas, é necessário avaliar que quantidades e quais produtos cada cliente estima consumir num determinado período de tempo, quer seja através de uma análise ao seu consumo anterior, quer seja através de conversas informais;
- Prazo de entrega – segundo critério decisão avaliado, as *commodities* apesar de serem bens globais são transacionadas e produzidas em diferentes países, ou continentes, e como tal o tempo desde a colocação da encomenda até à entrega efetiva do produto é uma variável de extrema importância;
- Tempo de entrega – embora esta variável possa ser semelhante à anterior a sua verdadeira inclusão prende-se sobre o real tempo de entrega. Uma encomenda, por vezes de algumas toneladas, pode não ser transportada num só camião, sendo

necessário recorrer a transportes de maiores dimensões como navios e depois é necessário a transferências dos bens que estão no navio para as instalações da empresa. Por exemplo, uma *commoditie* como o aço quando são realizadas encomendas às siderurgias são colocadas encomendas em toneladas e por norma a venda processa-se sempre acima das 500 toneladas, e cada camião apenas carrega 24 toneladas, ou seja para este transporte de 500 toneladas seriam necessários cerca de 21 camiões só para efetuar o transporte. Neste caso o primeiro camião até poderia cumprir com o prazo de entrega, mas o último quando chegasse às instalações da empresa poderia apresentar já um desfasamento de mais de uma semana. Paralelamente se os bancos necessitarem de informações suplementares a espera, mesmo com os produtos no porto de receção, poderá ser de mais de um mês. Com todas estas variáveis torna-se fundamental determinar com a maior exatidão possível o tempo de entrega;

- Necessidades de produção – em determinados períodos de tempo os principais clientes de uma empresa podem não colocar encomendas dos diferentes produtos porém em outros períodos os mesmos clientes podem necessitar de entregas imediatas e como tal a produção não deverá estagnar aguardando as encomendas de clientes, porém para satisfazer as necessidades da produção deverá existir M.P.;
- Prazo de resposta – em determinadas alturas as empresas necessitam de entregas o mais rápido possível e neste caso um fornecedor que tenha o seu produto pronto a ser entregue ao cliente, mesmo que seja a um preço mais elevado, irá ser preferido aos restantes pois apresenta entrega imediata, como o caso dos centros de serviço. Em determinados casos podem existir erros de entrega ou de pedido das M.P. e se o fornecedor for capaz de responder às necessidades dos seus clientes com uma rapidez aceitável será mais um fator preponderante para a sua escolha;
- Volatilidade na quantidade encomenda – os clientes quando colocam encomendas aguardam entregas exatas, no entanto as próprias empresas não podem aguardar sempre pelas encomendas dos seus clientes, devem realizar-se compras com base em probabilidades de consumos ou históricos de consumos, no entanto o estado dos mercados não é estável portanto é necessário realizar diversos cenários possíveis de acordo com determinado stock ideal, sendo este a junção entre o montante adquirido e o stock existente no momento de entrada de M.P. nas empresas. Este valor não é estanque portanto dificilmente uma empresa, inserida neste tipo de mercado que realiza compras de *commodities*, fixa quantidades de M.P. em encomendas distintas;



- Linha de crédito – terceiro critério de decisão avaliado, hoje em dia, dada a conjuntura económica mundial, cada fornecedor assegura os seus próprios investimentos (venda dos seus produtos) por meio de agências seguradoras de crédito, e como tal cada uma delas atribui um valor monetário sobre cada possível cliente. No ato de aquisição de M.P. as empresas preferem que os seus fornecedores lhes forneçam uma linha de crédito em vez de recorrerem a empréstimos bancários. Com estas linhas de crédito quanto maior for o valor monetário, que cada um dos fornecedores disponibilizar aos seus cliente, mais vantajoso se torna ao cliente adquirir M.P. a esse fornecedor em questão;
- Prazo de pagamento – quarto critério de decisão avaliado, embora a produção deseje ter sempre M.P. disponível para utilizar ao máximo os seus recursos de produção o departamento financeiro de qualquer empresa objetiva sempre o pagamento o mais tarde possível, desta forma o prazo determinado para pagamento é também necessário para a comparação entre os diferentes fornecedores;

Todos estes fatores são importantes no ato de escolha de fornecedor no entanto podem ser extremamente difíceis de quantificar para efeitos de avaliação. A necessária obtenção de dados sobre estes onze fatores permitirá obter conclusões mais seguras sobre a seleção do(s) fornecedor(es).

Para que o modelo elaborado seja aplicado, a empresa deve cumprir sempre os seguintes pressupostos:

1. A empresa nunca poderá estar em rotura de stock, quer seja do stock existente na realidade na empresa, quer o stock virtual que é o resultado de uma compra futura;
2. O modelo deverá ser sempre utilizado após uma correta avaliação do mercado global;
3. Todos os fornecedores que serão incluídos no modelo devem cumprir sempre as exigências de qualidade imputadas da M.P. a ser adquirida, qualquer novo fornecedor deve indicar se oferece o seu produto de acordo com as normas de qualidade necessárias para a produção de tubo;
4. No momento de inclusão do preço de aquisição da M.P. o agente decisor/utilizador deve perceber se o fornecedor entrega o produto nas instalações da empresa, desta forma será o utilizado um valor direto (preço que o fornecedor atribui ao seu

produto), ou se, caso contrário, o fornecedor não entregar nas instalações da empresa; neste último caso o agente decisor deverá indicar sobre o preço final o preço atribuído ao custo do transporte até às instalações da empresa.

Após estes pressupostos estarem cumpridos o decisor, em conjunto com os diversos intervenientes, deverá ter perceção sobre a evolução do mercado.

Realizando uma análise sobre as encomendas colocadas à empresa (função presente no software da empresa) o utilizador tem conhecimento das quantidades que necessita de adquirir para satisfazer as novas necessidades de M.P. Além deste conhecimento o utilizador com recurso ao *Steel Business Briefing* (SBB) jornal internacional sobre o mercado de aço; com recurso à *London Metal Exchange* (LME); e através de conversas informais mantidas com os comerciais nacionais e internacionais da empresa, tem um conhecimento aprofundado sobre que tipo de materiais o mercado se encontra disposto a receber e a que preços alvo. Estes dois blocos de informação tornam-se mais completos com a junção da auscultação dos possíveis fornecedores. Ou seja, o utilizador do modelo quando realizar consultas aos diversos fornecedores, será capaz de entender a evolução dos preços das M.P., mesmo que o historial comprove que durante o primeiro semestre do ano os preços subiram muito e no segundo desçam bastante.

Diferentes departamentos, de uma mesma empresa, podem considerar mais rentáveis entregas de M.P. o quanto antes, ao passo que outros consideraram estas entradas antecipadas como uma complicação na sua gestão financeira. Não obstante este possível conflito interno na construção do modelo de apoio à decisão foi assumido como pressuposto que será sempre mais rentável receber as M.P. o quanto antes, até mesmo por uma questão de stock estratégico que pode ser comercializado diretamente a outras empresas, e para garantia de uma produção contínua.

Foram apresentados onze critérios que devem ser considerados no processo de aquisição de M.P. por qualquer empresa, e ainda mais em empresas que adquirem *commodities*. No entanto devido ao elevado número de critérios passíveis de avaliação, que tornariam o estudo demasiado longo, determinou-se que se deveriam apenas utilizar os quatro critérios de decisão supracitados: Valor da M.P., avaliado em €/tonelada; Prazo de entrega da M.P., avaliado em semanas para a entrega; Prazo de pagamento da M.P., avaliado em dias para o pagamento efetivo das M.P.; Linha de crédito concedida pelo fornecedor, avaliada em milhares de euros. A seleção sobre estes quatro itens deve-se ao

facto da sua enorme importância no momento de aquisição das M.P. e da sua avaliação ser bastante célere.

Em função da atualidade/conjuntura mundial no momento de desenvolvimento do modelo auxiliar de decisão o consumo de M.P. denominada negra era inexistente a nível global, a conjuntura económica era totalmente desfavorável, e devido a este facto este tipo de M.P. não foi tido em conta na elaboração do modelo. No entanto, numa aplicação futura deste modelo, é apenas necessário incluir na Tabela 14, do modelo de decisão, os valores para chapa negra e o stock que se deverá considerar ideal. Posteriormente os valores de espessura e pesos devem ser calculados da mesma forma que o apresentado para laminado a frio, decapados ou galvanizados.

O Anexo 3 apresenta de forma resumida os pressupostos iniciais a serem cumpridos para a aplicação do modelo, bem como, dada a conjuntura atual aquando do desenvolvimento deste modelo, o determinado stock ideal é determinado em função das variações do mercado.

Por razões de confidencialidade a empresa decidiu não nomear os fornecedores, as alternativas de decisão, com os quais tem relações comerciais, no entanto para a elaboração do modelo os fornecedores estão descritos como F1 até F24.

## 4.2 Extrapolações iniciais e Incerteza 1 (I1)

O facto de cada um dos fornecedores apresentar valores distintos entre todos e entre os diferentes critérios é que permite, por meio de um modelo de apoio à decisão, identificar qual será o melhor fornecedor a escolher.

**Tabela 13 - Características de análise de quatro fornecedores**

<b>Critério/Fornecedor</b>	<b>F1</b>	<b>F2</b>	<b>F3</b>	<b>F4</b>
<b>Preço M.P.</b>	480 €/ton	600 €/ton	450 €/ton	700 €/ton
<b>Prazo de entrega</b>	60	45	15	30
<b>Prazo de pagamento</b>	90	45	90	60
<b>Linha de crédito</b>	200.000,00 €	150.000,00 €	200.000,00 €	350.000,00 €

Apesar dos preços de M.P. serem diferentes, Tabela 13, o agente decisor que avalie apenas o preço da M.P. escolheria de imediato o F3, porém existem mais três critérios a serem avaliados, daí a necessidade de utilização de modelos multicritério.

Depois de analisar o stock existente na empresa, o responsável pela aquisição de M.P. determinava o momento de realização das encomendas e as quantidades que deviam ser adquiridas.

Apesar de muitos autores indicarem formas distintas do momento de realizar encomendas, secção 2.4, o mercado das *commodities* apresenta-se como exceção aos estudos realizados. Por vezes investir em stock representará neste tipo de produtos um investimento com retorno financeiro crescente pois o valor das M.P. pode subir durante a sua estadia em stock. Diversos autores identificam determinada forma de conjugar as necessidades da empresa com uma estanquicidade de momento ou de quantidade. Mas a realidade deste projeto de investigação é não colocar entraves nem quanto ao momento de aquisição nem quanto à quantidade.

A produção, juntamente com o departamento comercial, determinará as quantidades necessárias a serem adquiridas. Escolher o melhor momento e a quantidade acertada a ser adquirida terá como consequência um aumento do lucro, sendo invariavelmente este o objetivo de qualquer empresa.

Com estes propósitos, e no caso prático da Flexus S.A., foram determinadas as quantidades de M.P. em toneladas a serem adquiridas, para os diferentes estados de mercado, em função da conjuntura mundial no momento de desenvolvimento deste modelo.

**Tabela 14 - Stock ideal de M.P. em toneladas**

<b>Mercado</b>	<b>Alta</b>	<b>Estagnado</b>	<b>Queda</b>
	0%	0%	100%
<b>Laminado a frio</b>	500 ton	1000 ton	2000 ton
<b>Decapado</b>	250 ton	500 ton	1000 ton
<b>Galvanizado</b>	100 ton	200 ton	400 ton

Em função do momento e dos consumos dos clientes da empresa, sendo que a análise dos consumos dos clientes será feita de uma forma extrapolativa (tal como enunciado no capítulo 4.1 sobre a forma de determinar possíveis quantidades e produtos de consumo

por parte dos clientes da empresa), o stock ideal apresentado, introduzido pelo agente decisor na Tabela 14, deverá ser alterado, em função dos possíveis consumos dos clientes, para que o modelo seja capaz de determinar a melhor opção. As percentagens foram usadas para indicar ao modelo qual a situação atual. Neste caso foi considerado que o mercado estava em queda.

No processo de aquisição de M.P. a empresa deve, de forma geral, ter conhecimento sobre que quantia monetária poderá dispor para o ato de aquisição. Até ao presente momento, e tal como indicado, a empresa em todo o seu historial não conseguiu nunca alcançar a totalidade do seu potencial devido à constante falta de M.P. portanto obter conhecimento aprofundado sobre a quantia monetária disponível irá transformar-se num indicador sobre a quantidade máxima de M.P. a comprar. Existem quatro formas de pagamento da M.P. como se encontrada apresentado na Tabela 15.

**Tabela 15 - Formas de pagamento da M.P.**

Crédito do Fornecedor
Crédito bancário máximo
Carta de Crédito
Join Venture

Estas quatro possibilidades de pagamento encontram-se ordenadas por ordem de preferência. É mais rentável para a empresa utilizar o crédito que o fornecedor concede à empresa do que as restantes alternativas. Mas este crédito é limitado em cada um dos fornecedores, e como tal, este é um dos critérios a incluir no modelo de decisão.

Além do crédito dos fornecedores a empresa pode tentar utilizar o crédito bancário recorrendo a empréstimos junto da banca, quer portuguesa quer internacional. A conjuntura nacional e mundial influencia a capacidade de obtenção de crédito e as condições do crédito obtido. O crédito bancário máximo para a empresa era de 900 mil € Este valor, a ser concedido pela banca, resulta de um esforço conjunto de três bancos nacionais que funcionavam como financiadores das compras de grandes quantidades.

A utilização de carta de crédito (LC) surge como uma alternativa para a empresa. A LC na realidade é um contrato de compra e venda entre ambas as partes onde se encontram estabelecidos por escrito todos os pormenores do negócio. A utilização deste documento, em especial neste mercado, é muito comum pois é um documento criado

através de uma entidade bancária por parte da entidade compradora que enviará posteriormente para a entidade bancária da empresa que vende. Esta segunda entidade bancária analisará o documento e declarará como aceite, ou indicará determinadas alterações, para que se dê início à entrega do material adquirido. Esta forma de aquisição é a menos positiva por parte da empresa compradora, em termos financeiros, pois tem um elevado custo para a empresa, por vezes poderá representar até 2% do valor transacionado, e na generalidade das vezes a utilização da LC pressupõem um empréstimo bancário. Empréstimo esse que devido às taxas de juro e interesses bancários incrementará o preço final da M.P.

A *Join Venture*<sup>6</sup> presente, apesar de se encontrar na última posição da Tabela 15, refletirá o melhor cenário possível. Esta possibilidade seria descrita como uma parceria entre a empresa em causa e uma siderurgia internacional, e com esta parceria não existiria a necessidade de despende de um capital tão elevado e salvaguardava-se sempre o risco de rotura de stock.

Em suma o agente de decisão no momento em que se encontra a preparar uma possível compra deve ter na sua posse os dados referentes à forma de pagamento e/ou o montante global que tem para realizar aquisições. Este dado revela-se ainda mais importante quando de ante mão se sabe que os preços praticados pelos fornecedores são, e muito, influenciados pela quantidade total a ser adquirida, e numa razão recíproca quanto mais o cliente compra mais baixo será o preço praticado pela entidade que irá proceder à venda.

Após as definições iniciais necessárias ao modelo inicia-se a interligação entre os dados. Na Tabela 16 a coluna assinalada a amarelo refletirá os valores de stock ideal explicitados na Tabela 14, que são o resultado das opiniões de diversos intervenientes e a conclusão refletida desta tabela é sobre o montante económico despendido e sobre as quantidades em toneladas que ainda serão necessárias comprar entre os três tipos de M.P. em causa para o modelo.

---

<sup>6</sup>Join Venture ou também reconhecido como empreendimento conjunto é uma associação de empresas, definitiva ou não, com fins lucrativos para explorar oportunidades de negócio sem que nenhuma das empresas perca a sua personalidade jurídica.

**Tabela 16 - Valor de crédito final**

Stock	Existente	Compra futura	Stock virtual	Stock ideal	Quantidade a comprar	€/ton	Custo total
<b>Laminado a frio</b>	200	0	200	500	300	500	150000
<b>Decapado</b>	0	400	400	250	0	500	0
<b>Galvanizado</b>	0	2000	2000	100	0	500	0
					300		150000
						<b>Crédito disponível</b>	750000

A alteração de stock ideal é feita diretamente na Tabela 14, e repercutida a informação incluída posteriormente na tabela elaborada no ficheiro Excel e exemplificada no Anexo 4 do presente documento, em concordância com as limitações determinadas pelo Diretor de Produção da empresa e das condições de manutenção de stock da mesma.

Na Tabela 14 são apresentados os três estados do mercado que compõem a II, onde deverá estar presente o determinado stock ideal:

- R1: Mercado em alta – ou seja, os preços de M.P. encontram-se em subida;
- R2: Mercado estagnado – onde as oscilações dos preços das M.P. não são prática comum;
- R3: Mercado em queda – onde os intervenientes neste mercado demonstram necessidade de faturação do stock que possuem e como tal baixam os seus preços de venda de modo a obterem viabilidade financeira.

Estes estados são inicialmente determinados pelo agente decisor em que o próprio deve identificar, com auxílio dos diversos meios existentes, o estado do mercado. A forma como o agente de decisão determina o estado do mercado é através da análise de diversos itens porém é uma incerteza pois a atribuir 100% a um estado indicará por si só que o agente de decisão está completamente convicto sobre o real estado de mercado.

A análise ao estado do mercado é repleta de incertezas e até ser consumado pelos intervenientes do mercado qual a tendência do preço, o agente de decisão que utiliza o modelo construído, poderá distribuir a sua própria incerteza pelos estados de mercado, desde que a sua soma dê 100%, e automaticamente a árvore de decisão elaborada com o

*Precision Tree* indicará o maior Valor Monetário Esperado, e como tal a escolha mais acertada.

A inclusão destes pressupostos iniciais e respetivas tabelas permite realizar o modelo de apoio à decisão.

### **4.3 Cálculos auxiliares necessários**

A extensão e a complexidade do modelo de decisão criado, devido aos diversos critérios a serem avaliados, conduziu a uma elaboração diferente dos modelos analisados na revisão bibliográfica. Os diversos critérios a serem analisados constituiu um obstáculo na elaboração do modelo de decisão, pelo que foi necessário reduzir os critérios de decisão a analisar. Neste caso, e devido à importância que têm no processo de decisão, indicou-se os seguintes quatro critérios de decisão:

- Custo total (Critério a minimizar);
- Prazo de entrega (Critério a minimizar);
- Prazo de pagamento (Critério a maximizar);
- Linha de crédito (Critério a maximizar).

Os critérios de decisão definidos pelo agente de decisão obrigam a que o mesmo inicie contatos com os diferentes fornecedores, alternativas de decisão. As informações recolhidas junto dos possíveis fornecedores são as suas condições de comercialização dos seus produtos. Posteriormente à obtenção destes dados o agente de decisão introduz a informação no Excel desenvolvido para que seja possível a análise posterior.

A comparação, em termos monetários, entre os diversos fornecedores é possível, porém na avaliação da real capacidade e viabilidade de um fornecedor é necessário, pelo menos, avaliar os restantes critérios. Esta necessidade de comparação de diferentes variáveis conduziu à utilização do denominado custo médio de um fornecedor, e para a comparação entre os diversos fornecedores foi utilizado o Custo Total de cada um.

Deverá recolher informação da totalidade, ou pelo menos grande parte dos seus fornecedores quanto aos preços de venda M.P. (Tabela 17). Os valores recolhidos deverão ser introduzidos no ficheiro Excel na folha denominada “Preços da M.P.” em função dos diferentes produtos e espessuras.



**Tabela 17 - Tabela exemplificativa utilizada no modelo de decisão sobre os valores de venda dos diferentes tipos de chapa**

	<b>Laminado a Frio DC01</b>							<b>Custo</b>	<b>Custo</b>
<b>Número</b>	<b>0,6</b>	<b>0,7</b>	<b>0,8</b>	<b>0,9</b>	<b>1</b>	<b>1,2</b>	<b>1,25</b>	<b>Médio</b>	<b>Total F</b>
<b>Pesos</b>									
<b>Percentagens</b>	<b>2,0%</b>	<b>10,0%</b>	<b>30,0%</b>	<b>20,0%</b>	<b>10,0%</b>	<b>25,0%</b>	<b>3,0%</b>		
F1	680	675	670	670	670	670	670	670,7	1.207.260,00
F2	675	675	665	660	660	660	655	663,15	1.193.670,00
F3	580	580	580	575	575	575	575	577,1	1.038.780,00
F4	590	590	590	585	585	585	585	587,1	1.056.780,00
F5	650	650	650	550	550	550	550	592	1.065.600,00

	<b>Decapado DD11</b>						<b>Custo</b>	<b>Custo</b>
<b>Número</b>	<b>1,4</b>	<b>1,43</b>	<b>1,5</b>	<b>1,8</b>	<b>1,83</b>	<b>2</b>	<b>Médio</b>	<b>Total Q</b>
<b>Pesos</b>								
<b>Percentagens</b>	<b>30,0%</b>	<b>2,5%</b>	<b>35,0%</b>	<b>20,0%</b>	<b>2,5%</b>	<b>10,0%</b>		
F1	800	800	790	780	780	760	788	472.800,00
F2	650	650	643	631	625	613	639,425	383.655,00
F3	610	610	590	590	590	570	594,5	356.700,00
F4	585	585	575	570	570	555	575,125	345.075,00
F5	550	550	550	550	550	550	550	330.000,00

	<b>Galvanizados</b>										<b>Custo</b>	<b>Custo</b>
<b>Número</b>	<b>0,9</b>	<b>1</b>	<b>1,25</b>	<b>1,38</b>	<b>1,4</b>	<b>1,5</b>	<b>1,68</b>	<b>1,8</b>	<b>1,9</b>	<b>2,0</b>	<b>Médio</b>	<b>Total G</b>
<b>Pesos</b>												
<b>Percentagens</b>	<b>10,0%</b>	<b>7,5%</b>	<b>5,0%</b>	<b>2,0%</b>	<b>15,0%</b>	<b>15,0%</b>	<b>10,5%</b>	<b>20,0%</b>	<b>5,0%</b>	<b>10,0%</b>		
F1	705	700	705	695	695	690,00	690	685	685	680	691,6	0,00
F2	689	689	685	685	685	669,00	665	650	650	640	667,95	0,00
F3	650	650	650	650	650	650,00	650	650	650	650	650	0,00
F4	690	660	650	640	630	625,00	620	620	620	620	634,15	0,00
F5	680	670	660	650	650	645,00	630	630	630	630	645,15	0,00

No exemplo da Tabela 17 os produtos galvanizados não eram necessários, daí o valor total contabilizado nesta M.P. ser zero.

O cálculo do Custo Médio (C.M.) é realizado em função dos três tipos de materiais em análise e é utilizado posteriormente para o valor do Custo Total do fornecedor em causa, utilizando para comparação os valores máximos e mínimos de cada fornecedor. O C.M. de um fornecedor é realizado de acordo com a percentagem de compra de cada espessura *E* e tipo de produto (laminado a frio, F; decapado, Q; galvanizado, Z), uma média ponderada, e em função da totalidade de compra de determinado material.

$$C.M.F = 2\% * E1F + 10\% * E2F + 30\% * E3F + 20\% * E4F + 10\% * E5F + 25\% * E6F + 3\% * E7F$$

$$C.M.Q = 30\% * E1Q + 2.5\% * E2Q + 35\% * E3Q + 20\% * E4Q + 2.5\% * E5Q + 10\% * E6Q$$

$$C.M.Z = 10\% * E1Z + 7.5\% * E2Z + 5\% * E3Z + 2\% * E4Z + 15\% * E5Z + 15\% * E6Z + 10.5\% * E7Z + 20\% * E8Z + 5\% * E9Z + 10\% * E10Z$$

A fórmula apresentada indica que, da totalidade de compra de determinado tipo de material a primeira espessura, que tem um valor de compra  $E1F$  que representa apenas 2% da totalidade da compra desse determinado tipo de material, neste caso exemplificativo. Ao passo que 30% deste material será sobre a espessura que apresenta um preço de compra de  $E3F$ , em unidades monetárias. Cada percentagem sobre a espessura de cada tipo de material varia em função das quantidades adquirida e multiplica-se pelo valor de aquisição desse mesmo material.

Após a introdução deste primeiro critério torna-se fundamental introduzir no modelo todos os outros restantes critérios de decisão como a linha de crédito para aquisição, o prazo para entrega e o prazo de pagamento.

Comparar critérios monetários, com dias para a entrega (prazo de entrega), linha de crédito e prazo de pagamento são características diferentes entre si e como tal foi necessário equiparar equitativamente todas as variáveis com base na mesma relação de comparação numérica, a escala utilizada neste caso foi a razão de 0 para 100.

Após a realização do  $C.M.$  de cada fornecedor torna-se necessário comparar entre todos os avaliados para determinar qual o seu valor neste critério. Para a realização desta avaliação numérica utilizou-se a seguinte operação matemática:

$$V(\text{Custo total}) = \frac{(C_{\text{máx}} - C) * 100}{C_{\text{máx}} - C_{\text{mín}}}$$

- $C_{\text{máx}}$  - Custo total máximo;
- $C$  - Custo total do Fornecedor em avaliação;
- $C_{\text{mín}}$  - Custo total mínimo.

O “Custo Total” apresenta o valor médio de cada fornecedor, em função das quantidades por espessura passíveis de serem adquiridas. É necessário determinar, de todos os valores apresentados, qual será a aquisição de maior e de menor custo económico, recorrendo neste caso à determinação do máximo e do mínimo valor monetário, função maximizante e minimizante do Excel.

Para obter estes valores utiliza-se a função do Custo Total, adequada para critérios que se pretende minimizar. A multiplicação por 100 unidades é realizada para a transformação do valor económica para a escala numérica utilizada, de modo a que a comparação entre os diversos critérios dos distintos fornecedores seja a mais correta.

Após a obtenção do valor do Custo Total é necessário avaliar o prazo de entrega de cada fornecedor em causa.

$$V(\text{Prazo de entrega}) = \frac{(P_{\text{max}} - P) * 100}{(P_{\text{max}} - P_{\text{min}})}$$

- $P_{\text{max}}$  - Prazo de entrega mais moroso;
- $P$  - Prazo entrega do fornecedor que está em avaliação;
- $P_{\text{min}}$  - Prazo de entrega mais curto.

A avaliação é realizada em dias até à entrega da M.P. e permite determinar qual fornecedor apresenta o melhor prazo de entrega, ou seja, o que entregará a M.P. o mais rapidamente possível, e tal como no critério anterior interessa minimizar este fator de avaliação. Desta é importante que o valor de cada um dos fornecedores se aproxime o mais possível do prazo de entrega do fornecedor mais célere.

A existência da multiplicação de 100 unidades sobre todos os itens avaliativos reside, tal como no critério anterior, na necessidade de utilizar a mesma escala numérica para todos critérios avaliados.

O terceiro critério a ser comparado é o prazo de pagamento. Em oposição aos dois critérios anteriores, o prazo de pagamento será tanto melhor quanto mais amplo for, neste caso a função de cálculo utilizada foi a seguinte:

$$V (\textit{Prazo de Pagamento}) = \frac{(Pp - Ppmin) * 100}{(Ppmáx - Ppmin)}$$

- $Pp$  – Prazo de Pagamento do Fornecedor que está a ser avaliado;
- $Ppmin$  – Prazo de pagamento mínimo;
- $Ppmáx$  – Prazo de pagamento máximo.

O prazo de pagamento da empresa convém que seja o mais dilatado possível para que a empresa se acautele de possíveis atrasos nos pagamentos dos seus clientes.

O quarto e último critério a ser avaliado é a linha de crédito que cada fornecedor disponibiliza para a empresa efetuar as suas aquisições.

$$V (\textit{Linha de Crédito}) = \frac{(L - Lmin) * 100}{(Lmáx - Lmin)}$$

- $L$  – Linha de crédito disponibilizada pelo fornecedor que está a ser avaliado;
- $Lmin$  – Linha de crédito mínima, correspondente ao mínimo valor determinado pela avaliação global dos fornecedores;
- $Lmáx$  – Linha de crédito máxima de todos os fornecedores.

O critério “Linha de Crédito” avaliado em euros (€) pressupõe que o melhor fornecedor é aquele que disponibilizada a maior quantia monetária para se realizarem aquisições. No ato da aquisição de M.P. a empresa tem a possibilidade de recorrer a diversas formas de pagamento, entre elas estão:

- Linha de crédito concedida pelo fornecedor à empresa;
- Recurso a um empréstimo financeiro quer junto da banca nacional como internacional;
- Abertura de uma carta de crédito com recurso a seguradoras de crédito;
- *Join Venture*, supracitada, sendo esta a hipótese mais remota e com maior dificuldade.

Optar pela segunda ou terceira opção irá incorrer em custos financeiros além dos imputados sobre o preço da M.P. atribuídos pelo fornecedor, como por exemplo juros sobre o empréstimo bancário ou custos para a abertura da carta de crédito. Estes custos devem ser um fator depreciativo na escolha de um fornecedor e portanto quanto mais um fornecedor ceder crédito por sua conta à empresa, mais favorável se torna à empresa adquirir-lhe produtos.

#### **4.4 Árvore de decisão no *Precision tree***

A utilização do *Precision Tree* é muito ampla podendo ser aplicado em diversos setores de atividade, como por exemplo, em avaliações de seguros analisando e determinando cada possível seguro através de diversos critérios, ou sem recrutamento de recursos humanos, para avaliação dos novos colaboradores, onde os candidatos são avaliados através de vários critérios.

Não obstante os exemplos apresentados a utilização do *Precision Tree* revela-se como uma mais-valia para empresas que pretendem considerar o risco de uma decisão. No entanto, a utilização do *Precision Tree* carece de uma cuidadosa modelação da árvore de decisão, de modo a representar fielmente o problema (Tereso2011).

O problema em análise foi então modelado usando uma árvore de decisão. A ferramenta informática que serviu de base à implementação do modelo foi o *Precision Tree*, um *add-in* ao Microsoft Office Excel. Esta ferramenta permite, de forma facilitada o desenho de árvores de decisão de forma sequencial e organizada, além de calcular os valores esperados das diversas alternativas a partir da informação acerca das probabilidades e dos valores monetários correspondentes das diferentes alternativas. A utilização do *Precision Tree*, sendo este um procedimento de modelação interativo, visasimplificar a construção da estrutura formal do problema e a rápida obtenção de soluções.

Nas árvores de decisão, da esquerda para a direita, são colocadas as alternativas a serem consideradas em cada nó de decisão. A representação de quadrados está associada a decisão a ser tomada ao passo que os elementos circulares representam acontecimentos incertos. O *Precision Tree* indica o melhor caminho, com a mensagem “Verdadeiro” associado aos respetivos ramos, sendo o valor esperado apresentado junto ao nó inicial.

O primeiro nó de decisão, Analisar Mercado, que o agente decisor enfrenta é a determinação sobre o estado de mercado. Na Tabela 14 o utilizador indica a sua opinião sobre o atual estado de mercado. Se o agente decisor não conseguir definir exatamente o real estado de mercado então opta pela divisão equitativa entre os três ramos.

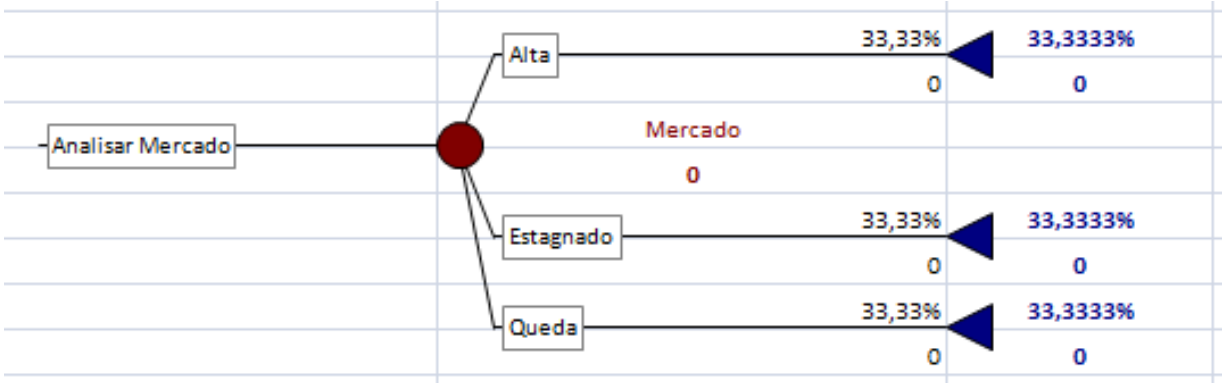


Figura 19- Nó de decisão D1 - Analisar o mercado

A utilização dos quatro critérios de seleção de fornecedores conduz posteriormente a uma consequência em função das alternativas de decisão existentes.

O segundo nó de decisão construído na árvore de decisão, foi o Centro de Serviço (D2). Reporta-se a fornecedores que apresentam um prazo de entrega mais reduzido que os restantes em comparação.

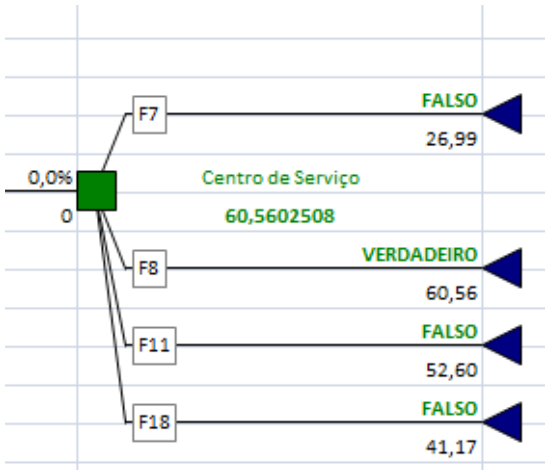


Figura 20 - Nó de decisão D2 Centro de serviço

Tal como presente na Figura 20 este nó de decisão apresenta quatro alternativas de decisão F7, F8, F11 ou F18. Estas alternativas de decisão são sujeitas a avaliação por

parte do modelo multicritério desenvolvido, complementar à árvore de decisão usando o Método Aditivo Simples, que permite avaliar cada fornecedor, usando os quatro critérios anteriormente definidos, e assim calcular um valor global de cada fornecedor, que é usado depois pela árvore.

No nó de decisão D2 estão apenas presentes quatro de vinte e quatro possíveis fornecedores, únicas alternativas neste caso.

O nó de decisão D3 denominado Fornecedor é o que apresenta maior número de alternativas de decisão, neste caso 13 possíveis fornecedores

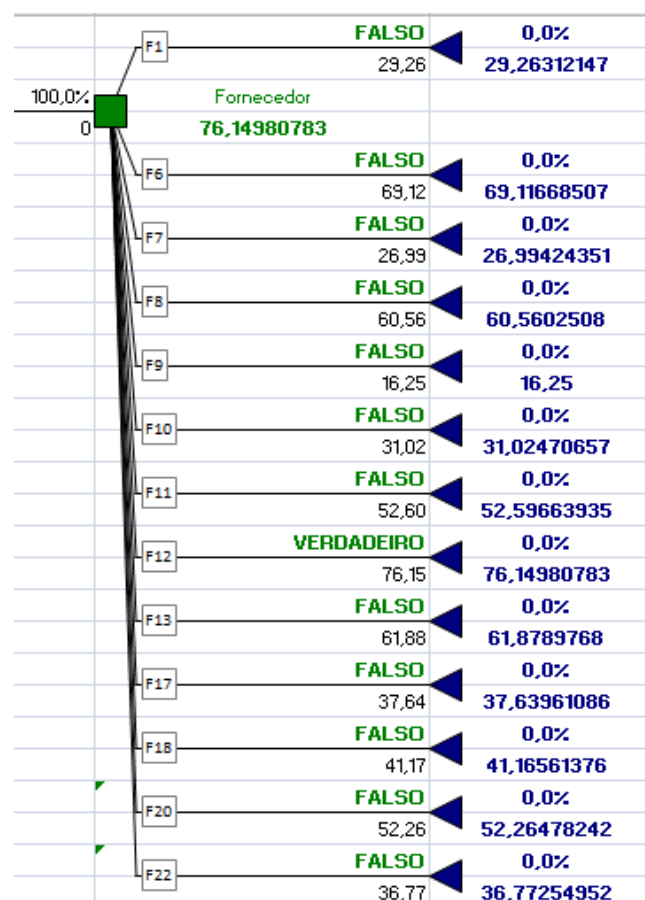


Figura 21 - Nó de decisão D3 - Fornecedor

Estas alternativas de decisão estão presentes neste nó, pois o tempo de entrega destes fornecedores é adequado ao caso em análise.

O último nó de decisão construído, D4 Grande Fornecedor, é respeitante aos fornecedores que, devido às suas características, conseguem comercializar grandes

toneladas de produto, a preços muito competitivos porém apresentam um prazo de entrega mais alargado.

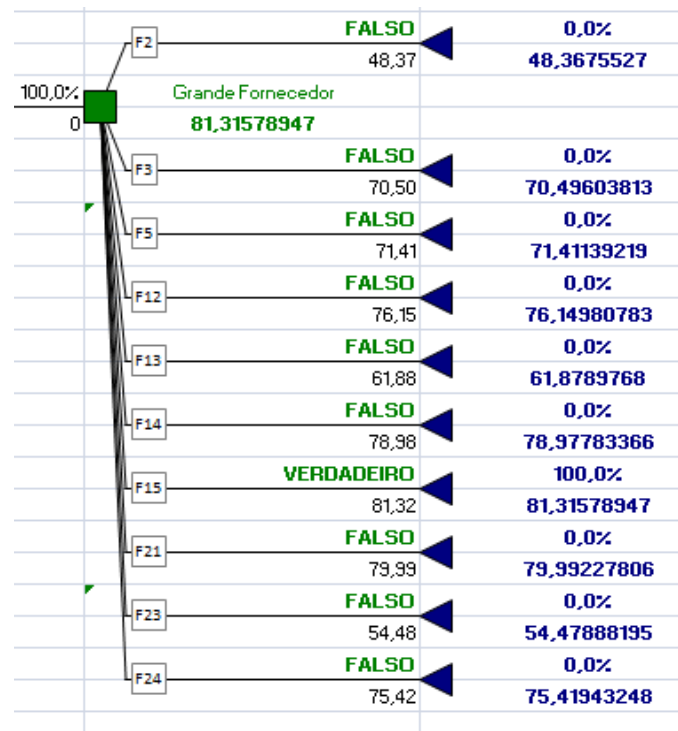


Figura 22 - Nó de decisão D4 - Grande Fornecedor

A construção de árvores de decisão engloba a existência de alternativas que após a sua seleção resultam em consequências, porém necessita igualmente de nós de acaso, para representar a incerteza existente na situação.

No modelo de decisão elaborado foram usados dois nós de acaso, tal como apresentado na Tabela 12.

O primeiro nó de acaso foi construído para representar a incerteza sobre a decisão quanto ao real estado do mercado, Figura 23.



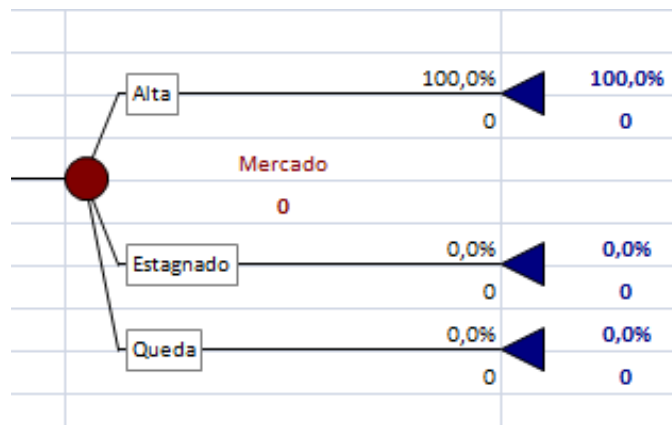


Figura 23 - Nó de acaso I1 - Posição de mercado

Ao passo que o segundo nó de acaso, repetante à incerteza sobre a real urgência ou não numa aquisição foi construído e determinado através da Tabela 18 onde o agente decisor indica a sua opinião e o modelo, em *Precision Tree* indicará qual fornecedor apresentara o maior VME (Valor Monetário Esperado) que no caso será um valor global.

Tabela 18 - Urgência de M.P.

	Sim	Não
Urgência	100%	0%

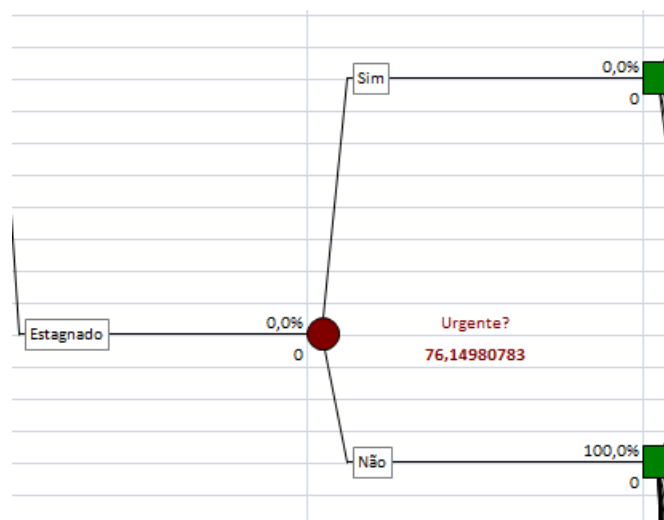


Figura 24 - Nó de acaso I2 - Urgente

Depois da determinação dos nós de decisão e de acaso do modelo, podemos verificar que o modelo completo criado no *Precision Tree*, Figura 25, reflete a estrutura da decisão apresentada no início do capítulo 4, Figura 18.

Tal como qualquer *software* o *Precision Tree* carece da inserção de dados, quer seja através de probabilidades quer seja através de valores numéricos. A introdução de dados, normalmente realizada através da leitura dos mesmos por meio de uma tabela auxiliar e depois o *Precision Tree* indicará no final de cada ramificação o resultado obtido.

A utilização deste *add in*, através da análise de todas as suas potencialidades, permitirá a rápida apresentação de conclusões bem como poder-se-á avaliar a sensibilidade dos resultados obtidos bem como uma análise sobre o risco da decisão.

No modelo desenvolvido a inserção de dados é realizada através da leitura de valores na tabela de seleção de fornecedores, e após execução de todos os cálculos o *software* indica por ordem crescente qual o melhor fornecedor, tendo em conta a avaliação do agente decisor.

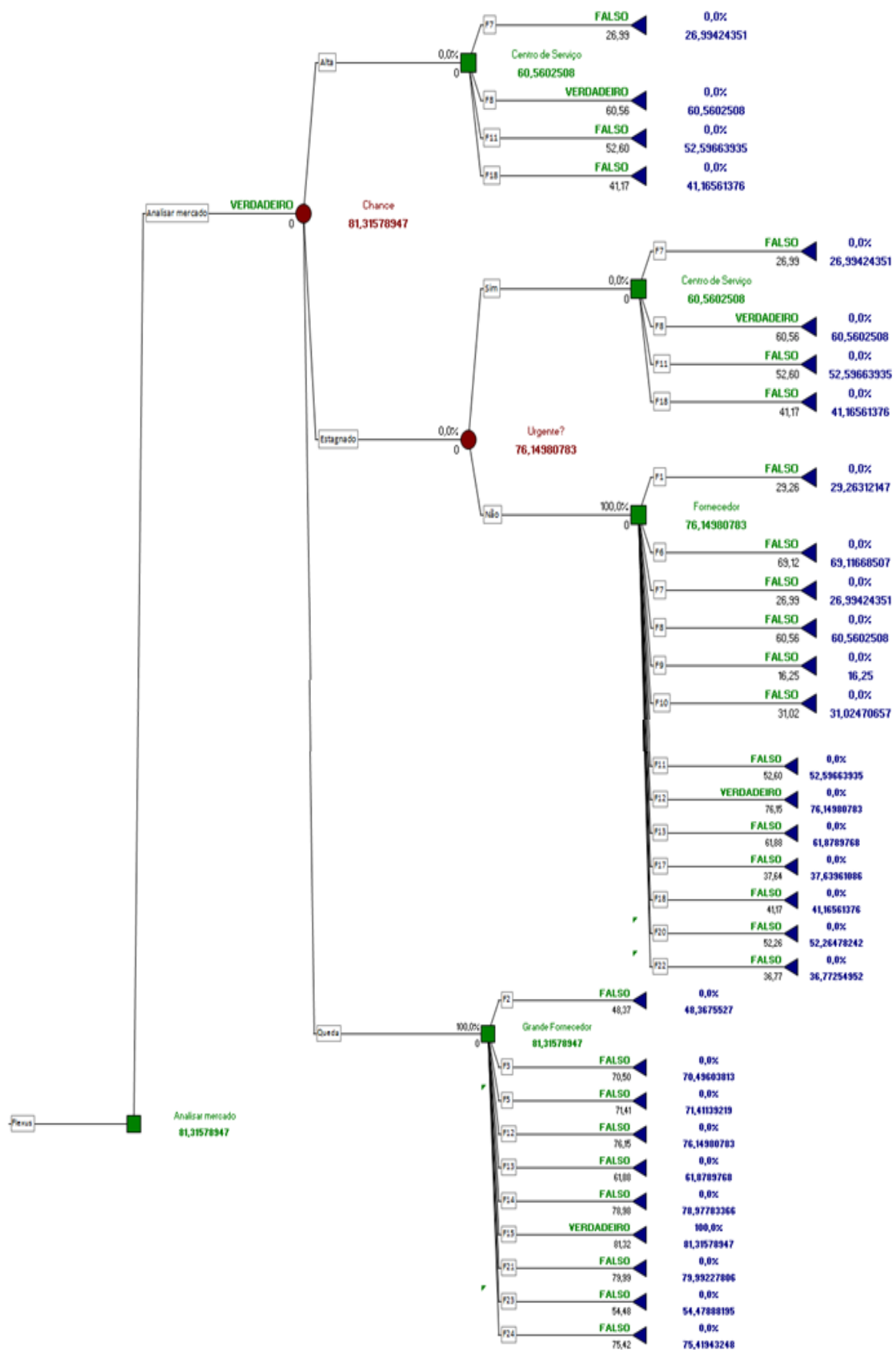


Figura 25 - Árvore de decisão do modelo no *Precision Tree*

## 4.5 Cálculos efetuados utilizando o Método Aditivo Simples

Definir e avaliar individualmente cada um dos quatro critérios significa, por si só, obter uma ordenação entre eles. Esta obtenção não é suficientemente vinculativa da melhor seleção pois os critérios avaliados não têm todos a mesma importância para o ato de aquisição. Como tal, além dos cálculos efetuados, é necessário relativizar cada um para obter no final a mais correta seleção de fornecedores.

Para a utilização do método aditivo simples, no modelo desenvolvido, foi necessário a utilização das fórmulas presentes na secção 4.3 sobre:

- Preço da M.P.;
- Prazo de entrega da M.P.;
- Prazo de pagamento ao fornecedor sobre a M.P. adquirida;
- Linha de crédito que o mesmo disponibiliza.

Posteriormente após a obtenção destes valores para a utilização do Método Aditivo Simples, foi necessário atribuir pesos, em função da relevância dos critérios de decisão, no momento de decisão, bem como estabelecer parâmetros matemáticos que possibilitassem a correta comparação dos diversos critérios.

A cada um dos critérios avaliados definiu-se o seguinte peso na avaliação final:

- *V ( Custo total)* Critério Custo total do fornecedor foi atribuído o peso de 75% a este critério uma vez que representa a enorme importância que este aspeto tem na determinação mais correta do fornecedor ao qual se deve realizar a aquisição;
- *V (Prazo de entrega)* Critério Prazo de entrega do fornecedor foi atribuído o peso de 15% a este critério uma vez que a entrega o mais rápido possível pode significar uma ausência de paragem do processo produtivo por falta de M.P., representando a existência de stock é uma poupança real;
- *V (Prazo de pagamento)* Critério Prazo de pagamento disponibilizado pelo fornecedor foi atribuído o peso de 2,5% a este critério uma vez que para além dos critérios anteriores, o prazo de pagamento é também um critério avaliativo importante. Porém quanto mais longo for o prazo, mais vantagem terá a empresa;
- *V (Linha de crédito)* Linha de crédito disponibilizada pelo fornecedor foi atribuído o peso de 7,5% a este critério uma vez que as dificuldades das empresas

portugueses são mundialmente conhecidas, portanto conseguir obter crédito junto de uma entidade distinta das entidades bancárias é importante.

O Valor Global de cada fornecedor é o resultado de todas as avaliações anteriores. Para o cálculo do Valor Global de um fornecedor foi utilizada a seguinte equação:

$$\text{Valor Global} = 75\% * V(\text{Custo Total}) + 15\% * V(\text{Prazo de entrega}) + 2,5\% * V(\text{Prazo de pagamento}) + 7,5\% * V(\text{Linha de crédito})$$

A Tabela 19 apresenta, de forma resumida os quatro critérios de decisão juntamente com o peso que foi atribuído a cada um deles.

**Tabela 19- Exemplo da tabela de valor global de decisão**

	Custo Total (Milhares €) [Min]	Valor (Custo Total)	Prazo Entrega (semanas) [Min]	Valor (Prazo Entrega)	Prazo Pagamento (dias) [Max]	Valor (Prazo Pagamento)	Linha de Crédito (Milhares €) [Max]	Valor (Linha de Crédito)	Valor Global
Fornecedor	Peso do critério	75%	Peso do critério	15%	Peso do critério	2,5%	Peso do critério	7,5%	
F2	201.210	100,0	1	100,0	60	20	100	20,0	<b>92,00</b>
F4	399.330	6,9	10	25,0	120	100	500	100,0	<b>18,89</b>
F5	368.130	21,5	13	0,0	45	0	0	0,0	<b>16,14</b>
F6	366.375	22,4	13	0,0	45	0	500	100,0	<b>24,26</b>
F7	371.145	20,1	13	0,0	90	60	0	0,0	<b>16,58</b>
F8	371.165	20,1	13	0,0	90	60	100	20,0	<b>18,07</b>
F11	413.918	0,0	2	91,7	60	20	400	80,0	<b>20,25</b>
F13	390.390	11,1	1	100,0	90	60	100	20,0	<b>26,30</b>
<b>Min</b>	201.210	<b>Min</b>	1	<b>Min</b>	45	<b>Min</b>	0	<b>Min</b>	<b>16,14</b>
<b>Max</b>	413.918	<b>Max</b>	13	<b>Max</b>	120	<b>Max</b>	500	<b>Max</b>	<b>92,00</b>

Como é possível verificar a seleção de fornecedor carece da aplicação dos pesos em função dos critérios utilizados na função de Valor Global.

Apesar da aparente simplicidade da fórmula de cálculo é necessário a correta alocação de pesos aos critérios de avaliação do modelo de decisão. Se o fornecedor a ser avaliado fosse o F5 da Tabela 19 o cálculo a ser efetuado seria:

$$\text{Valor Global}(F5) = (21,5 * 75\%) + (0 * 15\%) + (0 * 2,5\%) + (0 * 7,5\%)$$

$$\text{Valor Global}(F5) = 16,125$$

Neste caso o fornecedor que está a ser avaliado obterá, na escala de pontuação criada de 0 a 100 para a utilização do método aditivo simples, 16,14 sendo este valor posteriormente ligado à árvore de decisão criada.

O valor apresentado resulta do custo total, 368.130, juntamente com os 13 dias para entrega da M.P. em causa, e também com a possibilidade de pagamento a 45 dias porém o facto de não apresentar uma linha de crédito à empresa penaliza-o na sua avaliação.

O modelo desenvolvido após todas estas elações, em conjunto com a utilização do *Precision Tree*, indica no final, através da utilização VME, a indicação, entre as diversas alternativas, do fornecedor mais adequado.

### 4.6 Resultados obtidos

O modelo desenvolvido antes de ser aplicado na realidade da política de aquisições da Flexus S.A. foi analisado e avaliado em paralelo com a fase real de decisões.

Na elaboração do modelo foram considerados para análise 24 possíveis fornecedores, de entre os quais existem os denominados centros de serviço, que por razões de capacidade de resposta e disponibilidade, podem ser considerados tanto no momento de urgência de aquisição como em momentos de aquisição normal com mercado em alta.

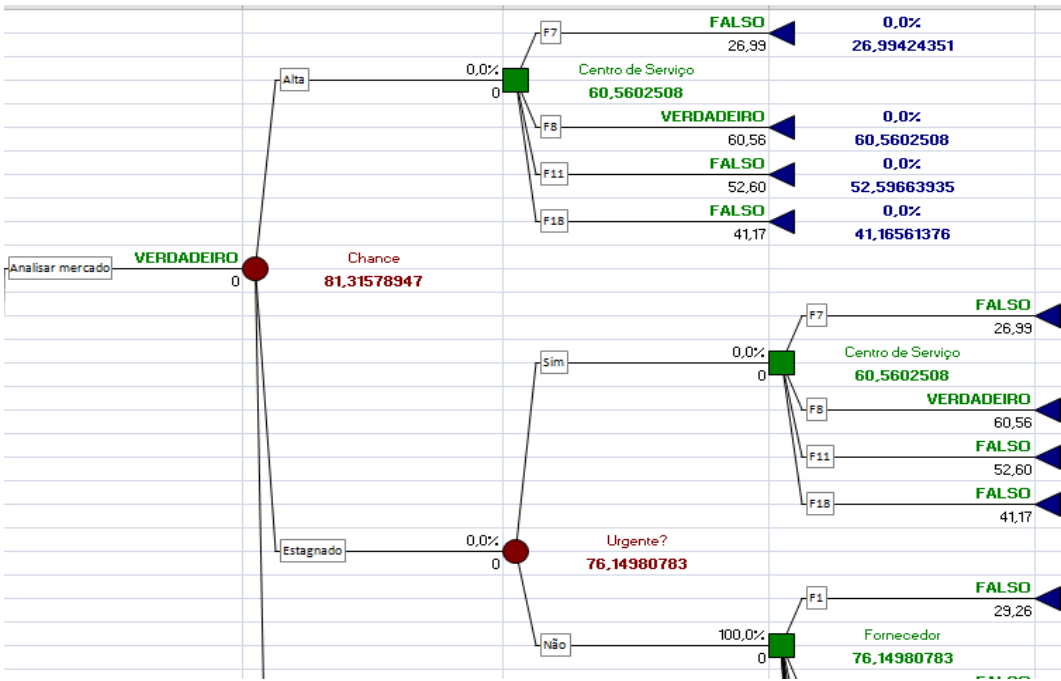


Figura 26 - Dupla utilização dos centros de serviço

Tal como enunciado, a primeira operação para iniciar o procedimento de seleção de fornecedor, o agente decisor necessita efetuar a real avaliação do estado do mercado. Neste caso recorrerá à Tabela 14 onde o modelo recolherá informação sobre qual ramo da árvore de decisão deverá seguir. Posteriormente fornecerá todos os dados obtidos sobre as alternativas de decisão e o *Precision Tree* indicará qual o melhor fornecedor a escolher.

A avaliação inicial do agente decisor, o nó de decisão 1 determinará o estado do mercado:

- Preços em subida (mercado em alta);
- Preços estáveis e nivelados (mercado estagnado);
- Preços em descida (mercado em queda).

Juntamente com o stock determinado como ideal, o agente decisor determinará e identificará qual a ramificação na árvore de decisão criada que deverá ser seguida. A Figura 27 apresenta a árvore de decisão criada para o modelo através da utilização do *Precision Tree*.

Neste caso a Figura 27 demonstra um exemplo em que o *Precision Tree* indica de imediato qual ramificação se deverá seguir, ou seja, onde existe 100% da ocorrência, mercado de em queda.



Figura 27 - Decisão sobre estado de mercado

Pela facto da árvore de decisão ter subjacente a si ramificações, torna-se necessário identificar e exemplificar mais apropriadamente cada estado do mercado, após a determinação do agente decisor.

## I1 – Posição de mercado R1: Mercado em alta

Quando a aquisição tem de ser feita no momento em que o mercado se encontra em alta a empresa deve apenas procurar realizar aquisições para colmatar as suas necessidades e como tal, deverá recorrer a compras minuciosamente bem determinadas, e de igual forma a fornecedores específicos, denominados como centros de serviço.

Tabela 20 - Mercado em Alta

Mercado	Alta	Estagnado	Queda
	100%	0%	0%
Laminado a frio	500 ton	1000 ton	2000 ton
Decapado	250 ton	500 ton	1000 ton
Galvanizado	100 ton	200 ton	400 ton

Neste caso o agente de decisão após obtenção de informação teria certezas absolutas sobre o real estado do mercado e indica na Tabela 20, sendo esta a mesma tabela que a Tabela 13 porém apenas com 100% de certeza sobre o mercado em alta.

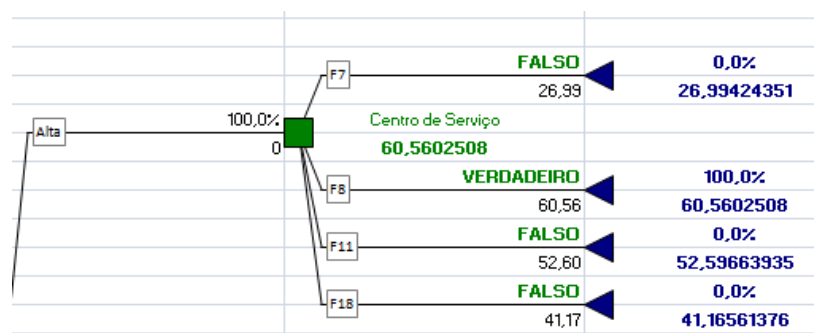


Figura 28 – Exemplo de mercado em alta

A inclusão da certeza do agente de decisão no estado do mercado traduz-se, após obtenção das informações dos fornecedores, na aplicação direta do *Precision Tree* e o mesmo indica sobre a alternativa F8 que será a que melhor VME apresenta.



Decision	Optimal Choice	Arrival Probability	Benefit of Correct Choice
'Analisar mercado' (B103)	Analisar mercado	100,0000%	0
'Centro de Serviço' (D31)	F8	100,0000%	33,56600729

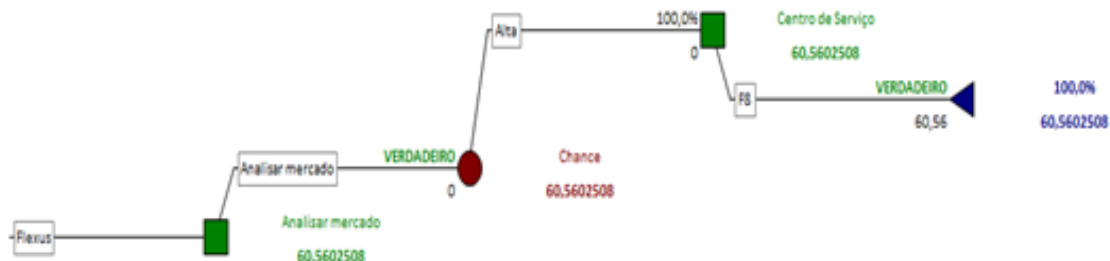


Figura 29- Árvore de decisão ótima e VME em função de mercado em alta

## I1 – Posição de mercado R2: Mercado estagnado

A situação de mercado que felizmente decorre durante a maior parte do ano é de mercado estagnado mas apesar de a denominação poder indicar um possível processamento mais simplista o modelo, e a realidade das inúmeras variáveis a ter em consideração, traduzem a complexidade apresentada na Figura 30. O agente de decisão, através da Tabela 17 indica se tem urgência na receção das M.P., e após a colocação de 100% na necessidade, não, ou 0%, no mesmo local, o modelo por si só determina qual o ramo a percorrer e transmitirá a qual fornecedor se deve realizar a aquisição.

Das três situações apresentadas na árvore de decisão o ramo de mercado estagnado apresenta as maiores possibilidades de seleção. Na situação de mercado estagnado, podem existir não somente uma possível compra aos denominados centros de serviço, como acontece no caso de mercado em alta, mas podem igualmente existir compras de oportunidade pois outros fornecedores podem apresentar-se bastante competitivos e com preços de M.P. mais reduzidos que os praticados na atualidade do mercado. Por este facto o ramo correspondente a uma não urgência em mercado estagnado apresenta cerca de 13 possíveis fornecedores.

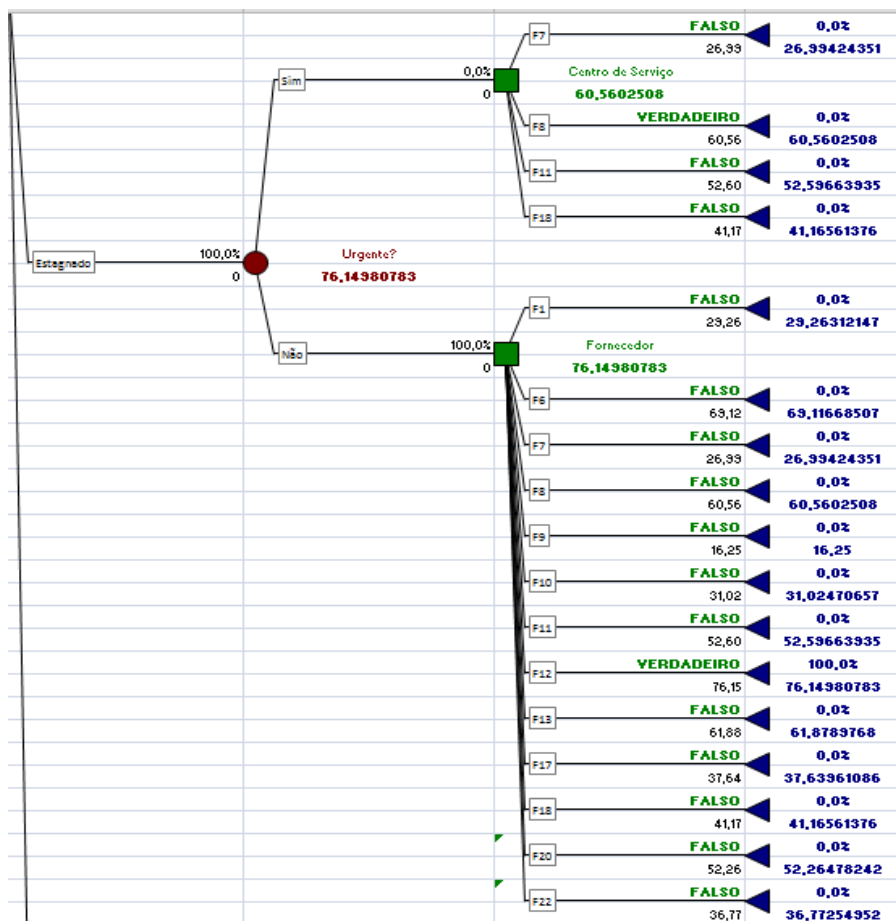


Figura 30 – Exemplo de mercado estagnado

Decision	Optimal Choice	Arrival Probability	Benefit of Correct Choice
'Analisar mercado' (B103)	Analisar mercado	100,0000%	0
'Fornecedor' (E55)	F12	100,0000%	59,89980783

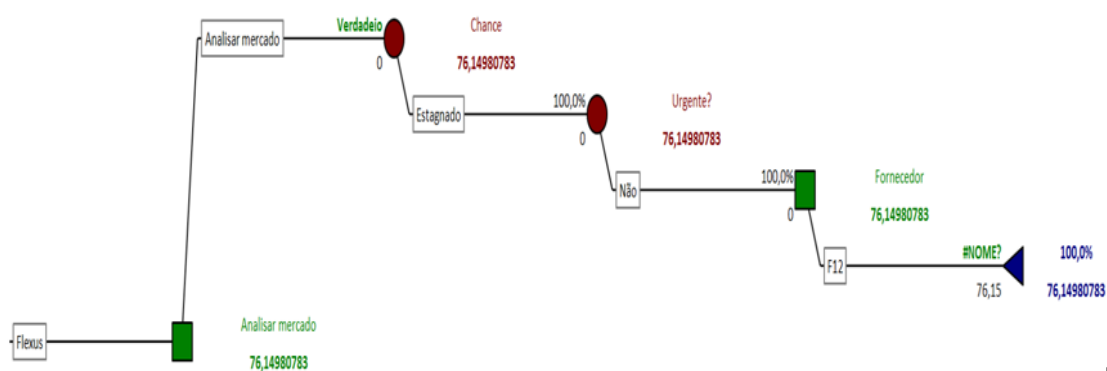


Figura 31 - Seleção da alternativa F12 no mercado estagnado com uma não urgência

## I1 – Posição de mercado R3: Mercado em queda

A análise de mercado só se encontra completa com a apresentação do mercado em queda, Figura 32. Neste momento de queda de preços, é aconselhável à empresa realizar consultas aos maiores fornecedores mundiais e até mesmo siderurgias a nível global.

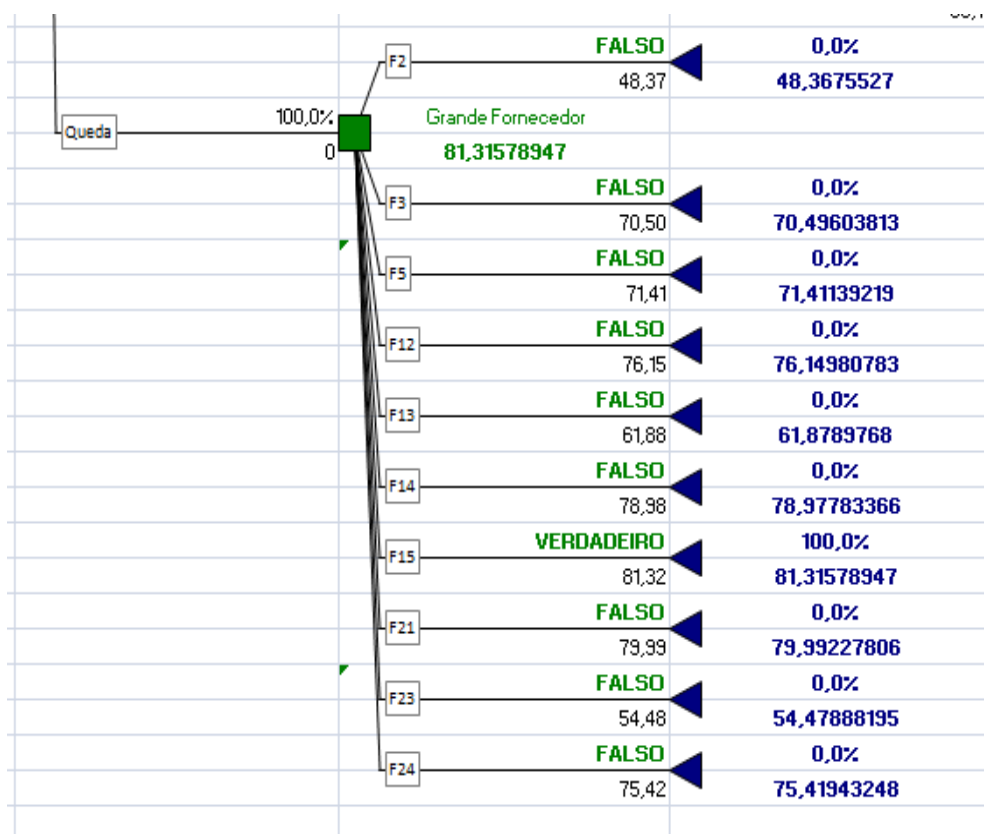


Figura 32 - Exemplo de mercado em queda

Neste momento de queda dos preços de venda importa satisfazer os possíveis pedidos de clientes. Porém, com as dez possíveis alternativas de escolha importa determinar, em função dos quatro critérios qual das alternativas presentes é a mais correta. Neste caso, e após a obtenção do VME da situação apresentada na Figura 22 o fornecedor a quem se deveria adquirir M.P. era o F15, Figura 33.

Decision	Optimal Choice	Arrival Probability	Benefit of Correct Choice
'Analisar mercado' (B103)	Analisar mercado	100,0000%	0
'Grande Fornecedor' (D83)	F15	100,0000%	32,94823678

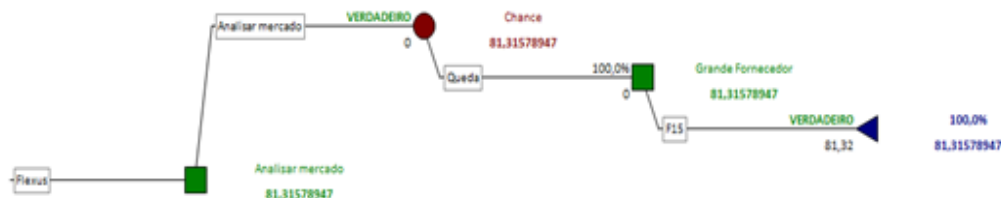


Figura 33- Árvore de decisão ótima e VME com Mercado em queda

Não obstante as situações identificadas no decorrer desta secção, nem sempre o agente decisor tem 100% de certezas e como tal o modelo prevê essa situação e determina igualmente a alternativa que apresenta o melhor VME.

Num caso em que o agente decisor não tem qualquer noção do comportamento do mercado ele opta por atribuir igual probabilidade a qualquer um dos tipos de mercado, Tabela 21.

Tabela 21- Incerteza total do agente de decisão

Mercado	Alta	Estagnado	Queda
	33,33%	33,33%	33,33%
Laminado a frio	500	1000	2000
Decapado	250	500	1000
Galvanizado	100	200	400

Tabela 22- VME num mercado de total incerteza

Decision	Optimal Choice	Arrival Probability	Benefit of Correct Choice
'Analisar mercado' (B103)	Analisar mercado	100,0000%	0
'Centro de Serviço' (D31)	F8	33,3333%	33,56600729
'Fornecedor' (E55)	F12	33,3333%	59,89980783
'Grande Fornecedor' (D83)	F15	33,3333%	32,94823678

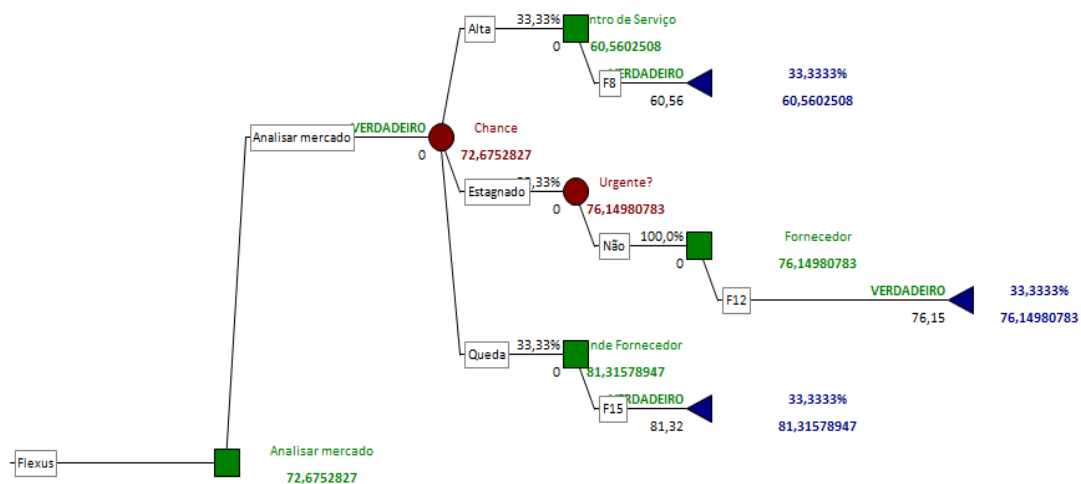


Figura 34- Árvore de decisão óptima num mercado de total incerteza

Comprova-se com o VME de 59,899 que a mais correta alternativa será o fornecedor F12.

Na fase de teste deste modelo foi necessário induzir o mesmo em diversos erros. Imputar valores de M.P. fora da média de valores de aquisição, alterar de forma substancial o prazo de entrega e até mesmo o valor da linha de crédito que cada fornecedor pode conceder à empresa. Estes testes revelaram-se determinantes para a aprovação quer teórica como prática do modelo.

Um dos testes realizados ao modelo foi numa situação de “Mercado estagnado”, Figura 35.

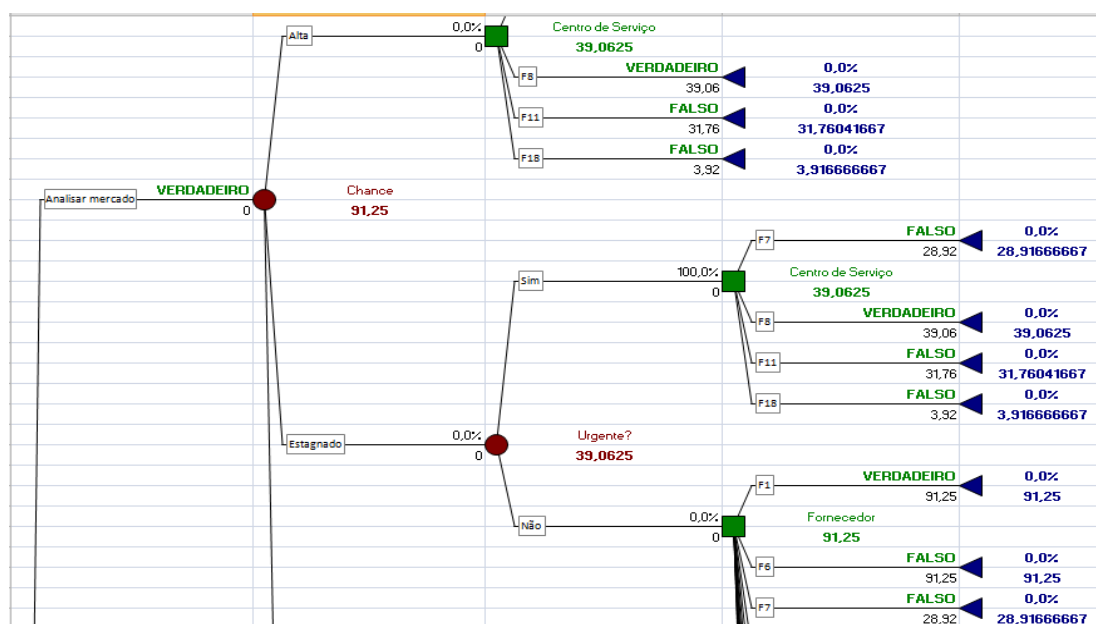


Figura 35 - Modelo em fase de teste

A administração selecionou este caso pela particularidade de se estar presente uma urgência de aquisição de M.P. o que iria colocar o modelo à prova em função das suas características bem como serviria a avaliação para a utilização dos fornecedores centros de serviço na empresa.

Apesar dos preços estarem em queda no momento da compra, o preço manteve-se estável durante quatro dias. Esta estagnação possibilitou colocar à prova o modelo numa situação de urgência e indicou de forma totalmente correta, em função das informações que lhe foram concedidas, o mais correto fornecedor, no nó de decisão D2 “Centro de Serviço”.

Tabela 23- VME do modelo testado com uma urgência

Decision	Optimal Choice	Arrival Probability	Benefit of Correct Choice
'Analisar mercado' (B103)	Analisar mercado	100,0000%	0
'Centro de Serviço' (E43)	F8	100,0000%	33,56600729

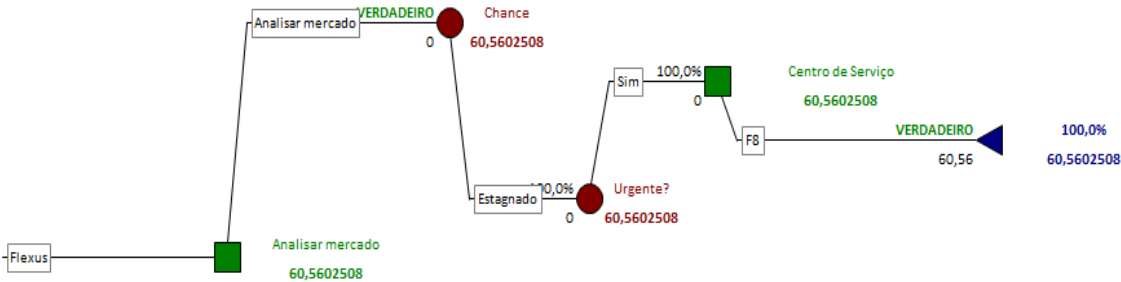


Figura 36 - Árvore de decisão ótima do modelo testado com uma urgência

O teste prático executado com uma situação de mercado estagnado, indicava uma necessidade de M.P. urgente e dessa forma, a Figura 36 exemplifica a situação de mercado estagnado, seria necessário obter o valor da M. P. em causa dos quatro diferentes fornecedores (F7, F8, F11 e F18) e aplicá-los à tabela de custos de M.P., tabela presente no Excel desenvolvido e exemplificada no Anexo 4 do presente documento.

A M.P. que a empresa necessitava era Galvanizado de 2,0 mm foi necessário consultar o sobre o valor de venda em causa das M.P., além deste dado fundamental foi necessário igualmente o prazo de entrega, prazo de pagamento e linha de crédito.

Com a inserção de todos estes dados o modelo indicou que a decisão deveria ser a opção pelo fornecedor F8 pois apresentava as melhores possibilidades. Por se tratar de uma compra de urgência e de pequena quantidade, e como em teoria o modelo decidia de forma correta, a empresa decidiu testar optar pela compra ao fornecedor indicado.

Além deste teste transcrito para o documento, a Flexus S.A. decidiu aplicar, ainda que em paralelo este modelo de decisão numa compra de maior volume efetuada à India, sendo que o resultado obtido foi bastante satisfatório.

#### **4.7 Análise e discussão dos resultados**

Concluída a fase de desenvolvimento e aplicação do modelo de decisão foi necessário testar o modelo de modo a identificar lacunas existentes ou até mesmo a necessidade de corrigir eventuais incongruências.

No momento de teste do modelo, o mercado apresentava-se em queda mas tudo indicava que ainda não fora atingido o ponto mais baixo. Portanto, os preços ainda poderiam diminuir mais.

Neste problema de decisão, o agente decisor deve indicar qual a altura em que pretende realizar a aquisição de M.P. sabendo que os fornecedores não alteraram de forma substancial o seu preço de M.P. num prazo de 15 dias.

Este aspeto é uma fragilidade do modelo criado. A capacidade do agente de decisão determinar o estado real do mercado reside muito na informação a que este tem acesso e à forma como analisa essa mesma informação. Por outro lado, o perfil de risco do agente de decisão também influencia os resultados.

Um agente de decisão que seja mais propenso ao risco terá a tendência para comprar antecipadamente pois pensará que o preço já terá atingido o ponto mais baixo. Um agente de decisão mais cauteloso tentará obter o máximo de informação possível, atrasando o momento de decisão de tal forma que quando decide realizar uma aquisição o preço das M.P. já poderá ter iniciado uma inflexão no sentido do aumento. Embora este seja um aspeto muito difícil de parametrizar, um estudo aprofundado dos mercados cotados em bolsa possibilitariam determinar de forma mais exata qual o momento de preço mínimo.

No decorrer da elaboração do modelo de apoio à decisão decidiu-se utilizar o método aditivo simples com recurso a quatro de onze critérios possíveis. Portanto, decidiu-se analisar apenas os critérios considerados como os mais importantes. A seleção destes quatro critérios mais importantes foi feita com base na opinião das pessoas envolvidas no projeto e com a aprovação da administração da Flexus S.A. Os pesos atribuídos aos critérios suportou-se igualmente na opinião dos diversos intervenientes no processo. Porém outros agentes de decisão poderão interpretar os pesos de avaliação de maneira distinta.

No caso da Flexus S.A. a opção por atribuir 75% ao critério de peso “Custo total do fornecedor” deveu-se à necessidade que a empresa tem de comercializar uma elevada quantidade de produtos a preços muito competitivos. O processo de produção de tubos de aço é simples e o próprio produto em si não é passível oferecer elevado valor acrescentado. Portanto, com as margens de venda a diminuem a cada dia, a solução da generalidade das empresas reside no aumento das quantidades comercializadas.

De igual modo, a atribuição de um peso de 15% ao critério “Prazo de entrega” poderá ser entendido como exagerado. No entanto este valor é fundamentado pelo elevado tempo de *set-up*, ou seja, tempo de mudanças de ferramentas para produção de um novo tubo, que poderá ser de aproximadamente 8 horas de trabalho. Se a empresa tiver que aguardar em demasia pela chegada das M.P. a produção corre o risco de parar. Estes motivos são fatores igualmente determinantes para a colocação de 15% no peso do “Valor Global de um determinado fornecedor”.

Por outro lado, atribuir 7,5% ao “Critério de linha de crédito” também se justifica no caso da Flexus S.A.. A empresa não dispõe de capitais próprios suficientes necessitando de financiar-se para cumprir os prazos de pagamento que os fornecedores lhe exigem. O modelo assenta no pressuposto de adquirir M.P. com um prazo de pagamento igual ou superior a 90 dias e transformar e comercializar os produtos, garantido o recebimento por partes dos seus clientes, no prazo máximo de 80 a 90 dias.

Além da importância de cada critério e dos pesos atribuídos a cada um deles, o projeto poderia ainda desenvolver-se através da aplicação do AHP formulando ilações sobre os fornecedores em causa e aferindo quais os critérios que poderiam acrescentar maior especificidade no momento de seleção.



Invariavelmente a Flexus S.A. adquire os seus bens a empresas de elevada capacidade financeira porém o modelo não reflete a possível necessidade de se realizarem diversas compras no mesmo momento apenas porque determinado fornecedor não tem capacidade financeira para conceder crédito para toda a quantidade de M.P. que a empresa deseja adquirir. Isto é, o modelo construído deveria ter em consideração que a partir do momento em que se atinge o plafond máximo de crédito num determinado fornecedor deveria ser necessário realizar uma segunda análise. No momento em que se adquiriu a quantidade máxima que um fornecedor concede a crédito, o modelo deveria alertar para a necessidade de recorrer a um segundo fornecedor, ou permitir ao agente de decisão avaliar se seria mais vantajoso recorrer a um empréstimo financeiro e continuar a comprar ao mesmo fornecedor, podendo neste caso usufruir do preço de compra mais económico e ainda de um possível desconto de pronto pagamento ou em função do volume das compras.

Não obstante existirem oportunidades para melhorar o modelo, e pela avaliação da administração, o modelo desenvolvido tem implicações operacionais bastante vantajosas. Desde a sua primeira aplicação foi facilmente identificável que o modelo permite retirar ilações sobre os pressupostos de todos os fornecedores. Por exemplo, tornou-se muito mais rápido analisar, em qualquer estado de mercado, quais os principais fornecedores a serem considerados e dessa forma a filtragem é imediata. Após esta filtragem inicial de fornecedores a empresa constatou que pode multiplicar o seu próprio crédito em diversos fornecedores e adquirir mais material do que adquiria no passado.

Por outro lado, o modelo poderia ter sido aprofundado com a utilização do *Total Cost of Ownership*. A utilização do TCO permitiria melhorar procedimentos internos como a colocação da encomenda, a quantidade de meios necessários para avaliar qualidade e receção dos produtos, forma de pagamento da M.P., continuidade do fornecedor, entre outros. Porém, o TCO serve essencialmente para seleccionar os fornecedores e não para indicar o momento e as quantidades de compra.



## 5. CONCLUSÕES

A investigação desenvolvida na Flexus S.A., empresa produtora de tubos de aço que utiliza bobinas de aço como M.P., visava a construção de um modelo de decisão que auxiliasse quanto ao momento e à seleção do melhor fornecedor de M.P. A literatura, o histórico da empresa e os ciclos de preços indicam existirem momentos mais apropriados para a aquisição deste género de *commodities*. Desta forma o modelo tem que objetivar a mais correta seleção de fornecedores analisando e comparando várias variáveis de decisão.

Pelo facto de serem diversos os critérios a serem analisados, perfilando-se este problema como um problema multicritério, foi necessário reduzir os critérios sujeitos a análise e com influência na tomada de decisão aos mais importantes nomeadamente: Custo Total, Prazo de Entrega, Prazo de Pagamento e Linha de Crédito disponível.

Através da seleção destes critérios torna-se indispensável ao agente decisor aferir quanto ao estado de mercado, quantidades de aquisição necessárias, capacidade financeira da empresa e sobretudo interagir com os fornecedores da empresa, que no momento do desenvolvimento do modelo são 25 de modo a obter a informação necessária.

O modelo de decisão construído utiliza os valores obtidos do modelo de decisão multicritério, numa escala de valores de 0 a 100 maximizando o valor global de cada fornecedor através da utilização do método aditivo simples. Os cálculos com este método são incluídos de forma automática nos respetivos ramos de decisão do modelo de apoio à decisão construído com a utilização do *Precision Tree*, um *add in* do Excel. Este modelo oferece uma enorme rapidez de cálculo e de resposta à questão inicial sobre qual o melhor fornecedor, indicando aquele que tem o maior valor de VME.

No futuro os utilizadores poderão adicionar critérios de decisão e poderão ser desenvolvidas aplicações informáticas que permitam fazer a ligação entre o modelo desenvolvido e o *software* de controlo de stocks da empresa.

Uma constatação obtida com a utilização deste modelo foi a entrada de um novo leque de fornecedores na Flexus S.A.. Por outro lado, a utilização dos centros de serviço na empresa passou a fazer parte do seu procedimento normal, abandonando desta forma a

política de compras em grande quantidade apenas uma vez no ano e depois contar com somente mais dois fornecedores recorrentes.

Apesar da simplicidade do presente modelo de apoio à decisão, a utilização deste modelo permitiu à empresa agilizar o procedimento de avaliação dos diferentes fornecedores para aquisição de M.P., revelando-se assim uma mais valia para a empresa em termos de tratamento de dados e auxílio à decisão de aquisição sobre a seleção do(s) fornecedores(s) tornando-a mais ágil e competitiva num exigente mercado global.

## BIBLIOGRAFIA

Alencar, L. H., Almeida, A. T., & Mota, C. M. (Dezembro de 2007). Sistemática proposta para selecção de fornecedores em gestão de projectos. 477-487. São Carlos.

Almeida, A. T. (2011). O conhecimento e o Uso de Métodos Multicritério de Apoio a Decisão. Brazil/Recife: 2º ed, Editora Universitária da UFPE.

Alves, J. M. (2008). *O sistema Just in Time reduz os custos do processo produtivo*, Universidade Estadual de Campinas.

Beling, M. A. (2007). *Avaliação de fornecedores na empresa ISOAR sistemas de climatização: um processo de melhoria contínua*. Biguaçu, Brasil: Universidade do Vale do Itajaí.

Bhutta, k. S., & Huq, F. (2002). Supplier selection problem: a comparison of the total cost of ownership and analytic hierarchy process approach. *Supply Chain Management: An International Journal*, Vol. 7, pp. 126-135.

Bozic, J. K., Pui, M. C., Matthew, J. L., Vail, P. T., & Silverstein, D. M. (16 de Março de 2010). Do the Potential Benefits of Metal-on-Metal Hip Resurfacing. *Springer, Clin Orthop Relat Res* 468:2301–2312.

Brans, J. P., & Mareschal, B. (2002). PROMETHEE-Gaia Une Méthodologie D'Aide à la Décision en Présence de Critères Multiples. Bruxelles: Éditions de l'Université de Bruxelles.

Brans, J. P., & Mareschal, B. (2005). PROMETHEE Methods. *Multiple Criteria Decision Analysis: State of the Art Surveys*. EUA/New York: Springer Science + Business Media, New York, 163-195.

Brans, J. P., Vincke, P., & Mareschal, B. (1986). How to select and how to rank projects: The PROMETHEE method. *European Journal of Operational Research*, n.º 24.

Bremen, P., Oehmen, J., & Alard, R. (2007). cost-transparent sourcing in China Applying Total Cost of Ownership. *ETH Center for Enterprise Science (BWI)*, 262-266.

Carravilla, M. A. (1997). *Gestão de stocks*, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.

Carvalho, D. (2008). *Organização e Sistemas da produção*. Departamento de Produção e Sistema, Universidade do Minho.

Cashin, P., mcdermott, C. J., & scott, A. (2002). Booms and slumps in world commodity prices. *Journal of Development Economics* 69, 277-296.

Chen, S., Jian, T., & Yang, H. (2011). A Fuzzy AHP Approach for Evaluating Customer. *JOURNAL OF COMPUTERS* v6, 224-231.

Chen, T. Y. (s.d.). A comparative analysis of score functions for multiple criteria decision making in intuitionistic fuzzy settings. *Information Sciences*, pp. 181 (17), 3652-3676.

Clemen, R. T., & Reilly, T. (2001). *Making hard decision with decision tools*. Duxbury: Thoson Learning.

David, J. S., Schuff, D., & Louis, R. (January de 2002). Managing your IT total cost of ownership. *Communications of the ACM*, pp. 101-106.

Davutyan, N., & Roberts, M. C. (1994). Cyclicity in metal prices. *Resources Policy* 20, 49-57.

Davutyan, N., & Roberts, M. C. (1994). Cyclicity in metal prices. *Resources Policy* 20.

Deaton, A., & Laroque, G. (1992). On the behavior of commodity prices. *Review of Economic Studies* 59, 23-40.

Degraeve, Z., & Roodhooft, F. (1999). Improving the efficiency of the purchasing process using total cost of ownership information. *The case of heating electrodes at Cokerill Sambre SA "European Journal of Operational Research*, vol. 112, pp. 42-53.

Degraeve, Z., & Roodhooft, F. (2000). Departement toegepaste economische wetenschappen. *The use of total cost of ownership for strategic procurement: A company-wide management information system*. Katholieke Universiteit Leuven.

Degraeve, Z., Roodhooft, F., & Doveren, B. v. (2005 (56)). The use of total cost of ownership for strategic procurement: a company-wide management information system. *Journal of the Operational Research society*, 51-59.

Dias, L. M. (1995). Provas de aptidão pedagógica e capacidade científica Trabalho de síntese. *O processamento paralelo e os métodos PROMETHEE e ELECTRE III no apoio multicritério à decisão*. Coimbra, Portugal: Faculdade de economia Universidade de Coimbra.

Dubois, A. (2003). "Strategic cost management across boundaries of firms". In *Industrial Marketing Management* (pp. 365 - 374). Vol. 32 n. 5.

Ellram, M. (1995). "Total Cost of Ownership: An analysis approach for purchasing". In *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management* (pp. 4-23). Vol. 25 n.8.

Fan, Y., Mu, D., Feng, X., & Yu, L. (2008). Analysis of supply chain adaptability based on Self organization. 2197-2200. School of Economics and Management, Beijing/China: IEEE.

Figueira, J., Greco, S., & Ehrgot, M. (2005). Multiple criteria decision analysis: state of the art surveys. *Springer's International Serie Advancing the state-of-the-art*. United States of America: Springer.

Figueira, J., Mousseau, V., & Roy, B. (2005). Multiple Criterias Decision Analysis: State of the Art Surveys. *ELECTRE Methods*. EUA/ New York: Springer Science + Business Media.

Forman, E. H., & Gass, S. I. (s.d.). The Analytic Hierarchy Process - An Exposition.

Gomes, L. F., Araya, M. C., & Carignano, C. (2004). Tomada de decisões em cenários complexos: introdução aos métodos discretos do apoio à decisão. Brazil / São Paulo: Pioneira Thomson Learning.

Hussain, D., Figueiredo, M., Tereso, A., & Ferreira, F. (2010). A study of textile & clothing supply chain in Pakistan. *2º International Conference on Engineering Optimization*, (pp. 6-9). Lisboa, Portugal.

- Hussain, D., Figueiredo, M., Tereso, A., & Ferreira, F. (2010). A study of textile & Clothing supply chain in pakistan. *2<sup>a</sup> International Conference on Engineering Optimization*. Lisboa - Portugal.
- Jerret, D., & Cuddington, J. T. (2008). Broadening the statistical search for metal price super cycles to steel and related metals. *Elsevier*, 188-195.
- Jordão, B. M., & Pereira, S. R. (2006). *Desenvolvimento do método com recurso à análise de um caso prático explicado ponto a ponto*. Coimbra: Instituto superior de engenharia de Coimbra - Departamento de Engenharia Civil.
- Labys, W. C., Lesourd, J. B., & Badillo, D. (1998). The existence of metal price cycles. *Resources Policy* 24, 147-155.
- Liker, J. (2004). *The Toyota Way: 14 Management Principles from the World's Greatest Manufacturer*. McGraw –Hill.
- Naguib, R. (2009). Total Cost of Ownership for air-cooled and water-cooled chiller ststems. *Ashrae*, 42-48.
- Nataraj, S. (2005). Analytic hierarchy process as a decision - suport system in the petroleum pipeline industry. *Issues in Information System*, Vol VI, No 2 pp 16-21.
- O'Brien, R. (1998). *An Overview of the methodological approach of action research*. University of Toronto: Faculty of information studies.
- Parreiras. (2006). Algoritmos evolucionários e técnicas de tomada de decisão em análise multicritério. Portugal.
- Porter, M. (1980). *The global logic of strategy*. New York: Free Press.
- Prado, A. A., Souza, K., & Yoshizaki, H. (2009). *Seleção de fornecedores de transporte utilizando decisão multi-critério*. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo: Programa de Engenharia de Sistemas Logísticos.
- Roberts, M. C. (2002). Cycless in Mineral prices. *Mining Engineering* 54, 40-48.
- Roberts, M. C. (2009). Duration and characteristics of metal price cycles. *Elsevier Resources Policy*, Vol. 34, pp. 87-102.



Rodrigues, B. M. (2010). Análise em simulação de técnicas de análise de stock - o mercado de retalho como caso de estudo. *Dissertação para obtenção do grau de mestre*. Universidade Nova de Lisboa.

Rodrigues, F. M. (Outubro de 2003). Integração de termos frequentes na indução de árvores de decisão. Universidade do Porto, Faculdade de economia, Portugal.

Rosenau-Tornow, D., Buchholz, P., Riemann, A., & Wagner, M. (2009). Assessing the long-term supply risks for mineral raw materials - a combined evaluation of past and future trends. *Resources Policy* 34. ELSEVIER.

Saaty, T. L. (2008). Decision making with analytic hierarchy process. In *International Journal of Services Sciences* (pp. 83 - 98). Vol. 1 n.1.

Santaliestra, R., & Moraes, E. A. (2008). Modelo de decisão com múltiplos critérios para a escolha de software de código aberto e software de código fechado. *Organizações em contexto*.

Saunders, M., Lewis, P., & Thornhill, A. (2007). Research Methods for Business Students. *Financial Times Prentice-Hall*, 4th Edition.

Schramm, F., & Morais, D. C. (2006). Aplicação do método multicritério Smarter na selecção de fornecedores: Um estudo de caso na construção civil. *XXVIII Encontro nacional de Engenharia de Produção*. Rio de Janeiro, Brasil.

Siniscalchi, M. (2011). *Dynamic choice under ambiguity*. Theoretical Economics, 6 (3), 179-421.

Tereso, A. P. (2011). *Análise de decisão*. Departamento de produção e sistemas da Universidade do Minho.

Tereso, A. P. (2009). Técnicas de Decisão Multicritério. *Sebenta de apoio à disciplina Modelos e Métodos de Decisão*. Departamento de Produção e Sistemas, Universidade do Minho.

Tornow, D. R., Buchholz, P., Riemann, A., & Wagner, M. (2009). Assessing the long-term supply risks for mineral raw materials - a combined evaluation of past and future trends. *Elsevier Resources Policy*, Vol. 34, pp. 161-175.

Treleven, M. (1987). Single sourcing: a management tool for the quality supplier. *Journal of Purchasing and Materials Management*, 19-24.

Vichi, M. C. (2006). "Gestão estratégica de suprimentos: Análise de eficiência do modelo de avaliação de fornecedores na 3M do Brasil". *Dissertação de Mestrado, Mestrado em Administração de Empresas*. São Paulo: Escola de administração de empresas de São Paulo, Fundação Getúlio Vargas.

Vincke, P. (1992). *Multicriteria Decision-Aid*. John Wiley & Sons.

White, D. J. (1969). *Decision Theory*.

Winter, R. (1987). *Action-Research and the nature of social inquiry: Professional Innovation and Educational Work*. Aldershot, England: Gower Publishing Company.

# **ANEXOS**



## Anexo 1 Cálculos do artigo de João e Pereira (2006)

- Normalização das matrizes

<b>C1</b>	Emprego 1	Emprego 2		<b>C1</b>	Emprego 1	Emprego 2
Emprego 1	$1 + 6$	$1/6 + 1$	<b>Resulta</b>	Emprego 1	$1/7=1/7$	$(1/6)/(7/6)=1/7$
Emprego 2			<b>Normalização</b>		+	+
=	7	$7/6$		Emprego 2	$6/7=6/7$	$1/(7/6)=6/7$
				=	1	1
<b>C2</b>	Emprego 1	Emprego 2		<b>C2</b>	Emprego 1	Emprego 2
Emprego 1	$1 + 1/8$	$8 + 1$	<b>Resulta</b>	Emprego 1	$1/(9/8)=8/9$	$8/9=8/9$
Emprego 2			<b>Normalização</b>		+	+
=	$9/8$	9		Emprego 2	$1/8)/(9/8)=1/9$	$1/9=1/9$
				=	1	1
<b>C3</b>	Emprego 1	Emprego 2		<b>C3</b>	Emprego 1	Emprego 2
Emprego 1	$1 + 5$	$1/5 + 1$	<b>Resulta</b>	Emprego 1	$1/6=1/6$	$(1/5)/(6/5)=1/6$
Emprego 2			<b>Normalização</b>		+	+
=	6	$41/400$		Emprego 2	$5/6=5/6$	$1/(6/5)=5/6$
				=	1	1
<b>C4</b>	Emprego 1	Emprego 2		<b>C4</b>	Emprego 1	Emprego 2
Emprego 1	$1 + 1/4$	$4 + 1$	<b>Resulta</b>	Emprego 1	$1/(5/4)=4/5$	$4/5=4/5$
Emprego 2			<b>Normalização</b>		+	+
=	$5/4$	5		Emprego 2	$6/7=6/7$	$1/5=1/5$
				=	1	1

- Cálculos para a utilização do AHP

	Emprego 1		Emprego 2		Média
<b>C1 - Cálculo da média do critério Salário</b>					
Emprego 1	1/7=0,143	+	1/7=0,143	=	0,143
Emprego 2	6/7=0,857	+	6/7=0,857	=	0,857
<b>C2 - Cálculo da média do critério Oportunidade profissional</b>					
Emprego 1	8/9=0,889	+	8/9=0,889	=	0,889
Emprego 2	1/9=0,111	+	1/9=0,111	=	0,111
<b>C3 - Cálculo da média do critério Localização</b>					
Emprego 1	1/6=0,167	+	1/6=0,167	=	0,167
Emprego 2	5/6=0,833	+	5/6=0,833	=	0,833
<b>C4 - Cálculo da média do critério Custo de vida</b>					
Emprego 1	4/5=0,800	+	4/5=0,800	=	0,8
Emprego 2	1/5=0,200	+	1/5=0,200	=	0,2
<b>Matriz de Preferências/Prioridades</b>					
	<b>C1</b>	<b>C2</b>	<b>C3</b>	<b>C4</b>	
<b>Emprego 1</b>	0,143	0,889	0,167	0,8	
<b>Emprego 2</b>	0,857	0,111	0,833	0,2	
<b>Comparação entre critérios</b>					
	<b>C1</b>	<b>C2</b>	<b>C3</b>	<b>C4</b>	
<b>C1 - Salário</b>	1	1/7	1/3	41306	
<b>C2 - Oportunidade</b>	7	1	5	5	
<b>C3 - Localização</b>	3	1/5	1	3	
<b>C4 - Custo de vida</b>	2	1/5	1/3	1	
<b>Cálculo para normalização dos critérios</b>					
	<b>C1</b>	<b>C2</b>	<b>C3</b>	<b>C4</b>	
<b>C1 - Salário</b>	1	1/7	1/3	41306	
	+	+	+	+	
<b>C2 - Oportunidade</b>	7	1	5	5	
	+	+	+	+	
<b>C3 - Localização</b>	3	1/5	1	3	
	+	+	+	+	
<b>C4 - Custo de vida</b>	2	1/5	1/3	1	
	=	=	=	=	
<b>Total</b>	13	54/35	20/3	19/2	

Cálculos para a normalização dos critérios				
	C1	C2	C3	C4
C1 - Salário	1/13	$(1/7)/(54/35)=5/54$	$(1/3)/(20/3)=1/20$	$(1/2)/(19/2)=1/19$
	+	+	+	+
C2 - Oportunidade	7/13	$1/(54/35)=35/54$	$5/(20/3)=3/4$	$5/(19/2)=10/19$
	+	+	+	+
C3 - Localização	3/13	$1/5+(54/35)=7/54$	$1/(20/3)=3/20$	$3/(19/2)=6/19$
	+	+	+	+
C4 - Custo de vida	2/13	$(1/5)/(54/35)=7/54$	$(1/3)+(20/3)=3/20$	$1/(19/2)=2/19$
	=	=	=	=
Total	1	1	1	1

Média dos critérios									
	C1		C2		C3		C4		Média
C1 - Salário	1/13=0,07	+	5/54=0,09	+	1/20=0,05	+	1/19=0,05	=	0,067
C2 - Oportunidade	7/13=0,53	+	35/54=0,6	+	3/4=0,75	+	10/19=0,5	=	0,616
C3 - Localização	3/13=0,23	+	7/54=0,13	+	3/20=0,15	+	6/19=0,31	=	0,207
C4 - Custo de vida	2/13=0,15	+	7/54=0,13	+	1/20=0,05	+	2/19=0,10	=	0,11
Resultado final									
	C1	C2	C3	C4		Média		R.F.	
Emprego 1	0,143	1	0,167	1	X	0,067	=	0,679	
Emprego 2	0,857	0	0,833	0		0,616		0,321	
						0,207			
						0,11			
Totalização das entradas									
	C1	C2	C3	C4		Média		Total	
C1 - Salário	1	0	0,333	1	X	0,067	=	0,2797	
C2 - Oportunidade	7	1	5	5		0,616		2,6731	
C3 - Localização	3	0	1	3		0,207		0,8629	
C4 - Custo de vida	2	0	0,333	1		0,11		0,4378	



## **Anexo 2      Pressupostos para a utilização do modelo**

1. A empresa nunca poderá estar em rutura de stock, considerando tanto o stock existente na empresa, como o stock virtual que é o resultado de uma compra futura.
2. O modelo deverá ser sempre utilizado após uma correta avaliação do mercado global.
3. Todos os fornecedores incluídos no modelo devem cumprir sempre as exigências de qualidade imputadas à M.P. a ser adquirida, qualquer novo fornecedor deve indicar se oferece o seu produto de acordo com as normas de qualidade necessárias para a produção de tubo.
4. No momento de inclusão do preço de aquisição da M.P: o agente decisor/utilizador deve ter em conta se o fornecedor entrega o produto nas instalações da empresa, desta forma será utilizado um valor direto (preço que o fornecedor atribui ao seu produto), ou se, caso contrário, o fornecedor não entregar nas instalações da empresa, o utilizador do modelo deve somar ao preço atribuído o custo do transporte até às instalações da empresa.

Com estes pressupostos o utilizador do modelo, e considerando a Tabela 23, consegue descortinar se o mercado se encontra em alta, estagnado ou em queda.

**Tabela 24- Informações do mercado**

1	Recetividade do mercado	
2	Informações do mercado	Jornal SBB
		Comerciais Internacionais
		Comerciais Nacionais
3	Existência/ausência de material no mercado	



### Anexo 3 Guia prático para a utilização do modelo em Excel

A listagem de fornecedores pode ser atualizada a qualquer momento bastando que para tal o utilizador do *software* insira a sua designação na tabela de fornecedores e introduza mais um ramo na árvore de decisão do modelo criado. O modelo construído em Excel necessitará depois da inserção de dados para produzir resultados.

A avaliação do estado do mercado compete ao agente decisor. O decisor, com recurso aos elementos presentes na Tabela 23, deverá ser capaz de avaliar a probabilidade de cada mercado no momento em causa.

Tabela 25 - Definição da situação do mercado

Mercado	Alta	Estagnado	Queda
	%	%	%
<b>Laminado a frio</b>	500	1000	2000
<b>Decapado</b>	250	500	1000
<b>Galvanizado</b>	100	200	400

Com o término desta etapa é necessário verificar, com o auxílio do diretor de produção qual é o stock ideal para cada tipo de mercado. Neste caso deverão ser preenchidos os valores apresentados abaixo das células a amarelo.

A volatilidade destes dados deve-se às médias de consumo dos clientes da empresa, existindo quebras de consumo estas conduzem a um menor stock ideal; havendo um aumento das necessidades dos clientes da empresa teremos um aumento das necessidades de compra de matéria-prima por parte da empresa.

A etapa seguinte de inserção de dados no modelo em Excel é a indicação do valor monetário disponível para realizar aquisições, neste momento o agente decisor deve, em conjunto com a direção financeira da empresa, ser capaz de incluir um montante espectável de empréstimo. Esta informação é necessária para que no cálculo do valor total seja visível se ainda existe algum montante disponível para adquirir mais matéria-prima, valor esse discriminado no campo “Crédito disponível”, além do stock ideal.

Na situação de “Mercado estagnado” o utilizador indica na Tabela 17, no campo assinalado a amarelo, se há necessidade de uma compra de urgência, através da inserção

de 100, ou se o modelo deverá encarar a compra como uma compra não urgente, inserindo o valor 0 no campo a amarelo.

**Tabela 17 - Urgência de M.P.**

	<b>Sim</b>	<b>Não</b>
<b>Urgência</b>	100%	0%

Após a introdução destas indicações no modelo, o utilizador deverá corrigir, se para tal for necessário, os parâmetros referentes a cada fornecedor:

- Prazo de entrega, em dias;
- Linha de crédito atribuída, em milhares de euros;
- Prazo para o pagamento das matérias-primas, em dias.

No momento de utilização do modelo de decisão o utilizador deve ainda introduzir o preço de cada matéria-prima na folha de cálculo respetiva, ou seja, na folha “Preços da M.P.”. Através desta inserção de preços, o Excel automaticamente repercute estes valores na tabela do modelo de decisão desenvolvido, com o auxílio do *Precision Tree*, e do modelo multicritério associado. O valor global dos fornecedores permitirá calcular, para cada situação, qual o melhor fornecedor sendo indicada a escolha mais acertada pelo valor mais elevado de VME obtido através do *Precision Tree* e da função *Decision Analysis* presente no *add-in*.

A inclusão de dados mais longa é compensada pela rapidez de cálculo automático do modelo. Para excluir da análise fornecedores o utilizador apenas terá de o retirar do modelo. Terminando o *plafond* de um determinado fornecedor e se a empresa ainda necessitar de mais matéria-prima, o utilizador apenas deverá procurar, no ramo correto de escolha, qual o fornecedor que tem associada a pontuação mais elevada seguinte.

#### Anexo 4 Tabela exemplificativa do modelo de decisão

Fornecedores	Produtos	Custo Médio	Custo Total G	Custo Total	Custo Total	Prazo Entrega	Prazo Entrega	Prazo Pagamento	Prazo Pagamento	Linha de Crédito	Linha de Crédito	Valor Global
	Espessuras				Valor 75%	Semanas	Valor 15%	Dias	Valor 2,5%	Milhares €	Valor 7,5%	
F 1	€	691,60	0,00	1.680.060,00	15,35	1,00	100,00	60,00	50,00	100,00	20,00	<u>29,26</u>
F 2	€	667,95	0,00	1.577.325,00	40,63	10,00	52,63	120,00	100,00	500,00	100,00	<u>48,37</u>
F 3	€	650,00	0,00	1.395.480,00	85,38	13,00	36,84	45,00	37,50	0,00	0,00	<u>70,50</u>
F 4	€	634,15	0,00	1.401.855,00	83,81	13,00	36,84	45,00	37,50	500,00	100,00	<u>76,82</u>
F 5	€	645,15	0,00	1.395.600,00	85,35	13,00	36,84	90,00	75,00	0,00	0,00	<u>71,41</u>
F 6	€	651,38	0,00	1.416.162,00	80,29	13,00	36,84	90,00	75,00	100,00	20,00	<u>69,12</u>
F 7	€	655,53	0,00	1.712.460,00	7,38	2,00	94,74	60,00	50,00	400,00	80,00	<u>26,99</u>
F 8	€	666,60	0,00	1.513.860,00	56,25	1,00	100,00	90,00	75,00	100,00	20,00	<u>60,56</u>
F 9	€	663,38	0,00	1.742.445,00	0,00	1,00	100,00	60,00	50,00	0,00	0,00	<u>16,25</u>
F 10	€	685,71	0,00	1.698.285,00	10,87	1,00	100,00	90,00	75,00	400,00	80,00	<u>31,02</u>
F 11	€	673,15	0,00	1.553.625,00	46,46	1,00	100,00	60,00	50,00	100,00	20,00	<u>52,60</u>
F 12	€	677,18	0,00	1.408.425,00	82,19	4,00	84,21	90,00	75,00	0,00	0,00	<u>76,15</u>
F 13	€	702,90	0,00	1.506.750,00	58,00	4,00	84,21	60,00	50,00	300,00	60,00	<u>61,88</u>
F 14	€	680,58	0,00	1.415.025,00	80,57	6,00	73,68	0,00	0,00	500,00	100,00	<u>78,98</u>
F 15	€	670,00	0,00	1.336.050,00	100,00	12,00	42,11	0,00	0,00	0,00	0,00	<u>81,32</u>
F 16	€	668,78	0,00	1.540.200,00	49,77	2,00	94,74	0,00	0,00	0,00	0,00	<u>51,53</u>
F 17	€	665,13	0,00	1.628.700,00	27,99	2,00	94,74	45,00	37,50	100,00	20,00	<u>37,64</u>
F 18	€	666,95	0,00	1.568.295,00	42,85	13,00	36,84	60,00	50,00	150,00	30,00	<u>41,17</u>
F 19	€	678,00	0,00	1.621.200,00	29,83	13,00	36,84	0,00	0,00	200,00	40,00	<u>30,90</u>
F 20	€	669,95	0,00	1.490.400,00	62,02	20,00	0,00	60,00	50,00	300,00	60,00	<u>52,26</u>
F 21	€	671,53	0,00	1.386.000,00	87,71	2,00	94,74	0,00	0,00	0,00	0,00	<u>79,99</u>
F 22	€	692,70	0,00	1.604.505,00	33,94	12,00	42,11	60,00	50,00	250,00	50,00	<u>36,77</u>
F 23	€	655,65	0,00	1.527.990,00	52,77	13,00	36,84	90,00	75,00	500,00	100,00	<u>54,48</u>
F 24	€	665,00	0,00	1.368.000,00	92,14	12,00	42,11	0,00	0,00	0,00	0,00	<u>75,42</u>
Min				1.336.050,00		1,00		0,00		0,00		<b>81,32</b>
Max				1.742.445,00		20,00		120,00		500,00		